



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA

**Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero
Mecánico**

TÍTULO

“Sistema de mejoramiento de bombeo de agua residuales dentro de la mina soterrada Emocon Group en la Libertad Chontales”

AUTOR

Br. Pavel Lazo Gutiérrez

TUTOR

Ing. Wilmer Ramírez

Managua, 17 de septiembre de 2018



Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

LAZO GUTIÉRREZ PAVEL JOSSUE

Carne: **2009-30359** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y nueve días del mes de marzo del año dos mil diecisiete.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





La Comisión de Revisión de Culminación de Estudios
de la carrera de Ingeniería Mecánica

Hace constar que el tema Monográfico:

“Sistema de mejoramiento de bombeo de agua residuales dentro de la mina soterrada Emocon Group en la Libertad Chontales”.

Propuesto por el (la) (los) o (las) bachiller(es):


1. Pavel Jossué Lazo Gutiérrez


Tutor: Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez

Ha sido:

Aprobado: _____

Debe(n) reformularlo: _____


Miembro No. 1


Miembro No. 2


Coordinador

Managua, 19 de Septiembre del 2017



“Sistema de mejoramiento de bombeo de agua residuales dentro de la mina soterrada Emocon Group en la Libertad Chontales”

Dedicatoria

A Dios en primer lugar, porque él es quien nos dio la vida, la inteligencia y sabiduría, por cuidarme y protegerme de todo lo malo y darme la oportunidad de haber logrado esta meta.

A mis padres por haberme guiado por el buen camino y por darme su confianza y apoyo.

A mis hermanos, amigos, maestros y compañeros de clase por su ayuda incondicional que cada uno de ellos me dieron.



Resumen del tema

En el presente proyecto se desarrolló el mejoramiento de sistema de bombeo de agua en la mina soterrada La Libertad Chontales Emocon Group, esto con el propósito de bajar costos de mantenimiento, de equipos, rendimiento energético, y tener un argumento confiable sobre lo que se va tener instalado en esta mina.

Con la información recopilada se han realizado las medidas e inspecciones en el lugar, se hicieron los foros, el cual determinó que el caudal demandado en cada una de las reposaderas es de 60m³/h, para la reposadera 334 se seleccionó una bomba de 20HP, para altura de operación de 40m, para la reposadera 352 una bomba de 10hp, para una altura de 30m y para la reposadera 362 una bomba de 30hp a una altura de 70m, las selecciones se hicieron mediante altura-caudal tomando en cuenta las pérdidas por fricción, por accesorios, altura, temperatura, viscosidad, densidad, etc.

El diámetro requerido para este sistema es de 4”, se va utilizar tubo de hierro comercial, los accesorios que se van ocupar para cada reposadera son válvulas de pie con canastilla, unión universal, anclajes, tapón de cebado, medidor de flujo, válvula check, válvula de seguridad, válvula de mariposa, medidor de nivel de líquido, etc.

El resultado del NPSHd para cada reposadera es de 8.68 mca, el cual tiene que ser mayor que el NPSHr, esto para asegurarnos que la bomba no cavite y trabaje bajo parámetros eficientes.

Después de haber hecho los cálculos pertinentes se realizaron los costos del presupuesto que son \$43,061.07 en equipos y materiales.

Se realizaron planes de mantenimiento preventivo, los cuales se tomaron de las recomendaciones de los fabricantes.

El resultado final del estudio es presentado por medio de este informe que incluye investigación monográfica, cálculos hidráulicos, Selección de equipos de bombeos e instrumentación, presupuesto y plan de mantenimiento.



Índice general

Contenidos	pág.
CAPÍTULO I	
Generalidades	1
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
CAPITULO II	
Marco Teórico o conceptual	6
2.1. Hidráulica	7
2.1.1. Propiedades de los fluidos	7-9
2.2. Conceptos	10-12
2.3. Cavitación	13-14
2.4. Datos para la selección de bombas	15
2.5. Condiciones de operación	16
2.5.1. Caudal	16
2.5.2. Cabeza total	16-18
2.5.3. Datos de Rendimiento	18-20
2.6. Características del flujo	20
2.6.1. Flujo Laminar	21
2.6.2. Flujo Turbulento	21
2.6.3. Flujo de transición	21
2.6.4. Velocidad del fluido	22
2.6.5. Numero de Reynolds	22
2.6.6. Presión de vapor	23



2.6.7. Relación entre presión y elevación	24
2.6.8. Caída de presión	25
2.7. Control de nivel de líquido	26
2.7.1. Definición	26
2.7.2. Clases de medición del nivel de líquido	26
2.7.3. Aplicaciones de las mediciones de nivel.....	26
2.7.4. Métodos de medición de nivel liquido	27
2.8. Tipos de mantenimiento	27
2.8.1. Mantenimiento preventivo	27
2.8.2. Mantenimiento correctivo	27

CAPITULO III

Análisis y presentación de resultados	28
3. Presentación de Resultado	29
3.1. Descripción general del lugar	29
3.2. visita preliminar al campo	29
3.3. Cálculos hidráulicos	30
3.3.1. Reposadera Nivel 334	30-31
3.3.1.1. Cálculo del diámetro de la tubería	31
3.3.1.2. Cálculo del número de Reynolds	32
3.3.1.3. Cálculo de caída de Presión	33-35
3.3.1.4. Cálculos de pérdidas por fricción	35-38
3.3.1.5. Cabeza total de succión	38
3.3.1.6. Cabeza total de descarga	38
3.3.1.7. Cabeza total	39
3.3.1.8. Cálculo del NPSHa	39
3.3.2. Reposadera Nivel 352	40
3.3.2.1. Cálculo de caída de presión	41
3.3.2.2. Cálculo de pérdidas por fricción	42
3.3.2.3. Cabeza total de succión	42
3.3.2.4. Cabeza total de descarga	42



“Sistema de mejoramiento de bombeo de agua residuales dentro de la mina soterrada Emocon Group en la Libertad Chontales”

3.3.2.5. Cabeza total	43
3.3.2.6. Cálculo del NPSHa	43
3.3.3. Reposadera Nivel 362	43
3.3.3.1. Cálculo de caída de presión	44
3.3.3.2. Cálculos de pérdidas por fricción	45
3.3.3.3. Cabeza total de succión	45
3.3.3.4. Cabeza total de descarga	45
3.3.3.5. Cabeza total	46
3.3.3.6. Cálculo del NPSHa	46
3.3.4. Selección de bomba-motor	47-53
3.4. Selección del control de nivel del líquido	54
3.5. Mantenimiento del sistema de bombeo de agua	55
3.5.1. Planificación de mantenimiento según su frecuencia .	55
3.6. Costos y presupuestos para la instalación del sistema de bombeo de agua	56
3.6.1. Comparación de costos sistema actual vs el propuesto	56
3.6.2. Ahorro de energía, CO2 y retorno de inversión	57
3.6.3. Análisis de Resultados	58-60
CAPITULO IV	61
4.1. Conclusiones	62-63
4.2. Recomendaciones	64
CAPITULO V	65
5.1. Bibliografía	66
IFORMACION TECNICA	67-69
CAPITULO VI	80
Anexos	80-89



Índice de figuras

N° Fig.	Contenido	pág.
1	Densidad	9
2	Gravedad específica	9
3	Instalación típica de una bomba	10
4	Fórmula del NPSHa (disponible)	14
5	Efectos del NPSHa (disponible)	15
6	Fórmula de cabeza total	16
7	Succión inundada y tanque de descarga abierto	18
8	Succión inundada y tanque de descarga cerrado	18
9	Elevación de succión y tanque de descarga abierto ...	18
10	Elevación de succión y tanque de descarga cerrado	18
11	Entrada de presión por encima de la presión atmosférica	19
12	Entrada de presión por debajo de la presión atmosférica	20
13	Flujo Laminar	21
14	Flujo turbulento	21
15	Fórmula de la velocidad del fluido	22
16	Fórmula del número de Reynolds	22
17	Presión de vapor del agua	23
18	Relación entre presión y elevación	24
19	Fórmula de presión estática	24
20	Ejemplo de relación de elevación para presión utilizando la fórmula de presión estática	25
21	Representación de la reposadera nivel 334	30
22	Curva de caída de presión	35
23	Fórmula para el cálculo de las pérdidas por fricción	36
24	Diagrama de Moddy	37
25	Curva característica de la bomba en la reposadera nivel 334 ...	48
26	Curva característica de la bomba en la reposadera nivel 352 ...	50
27	Curva característica de la bomba en la reposadera nivel 334 ...	52



28	Medidor de nivel de líquido	54
----	-----------------------------------	----

Índice de tablas

Orden	Contenido	Pág.
1	Conversión a longitud de tubo equivalente para reposadera 334	34
2	Conversión a longitud de tubo equivalente para reposadera 352	41
3	Conversión a longitud de tubo equivalente para reposadera 362	44
4	Datos técnicos de la bomba en reposadera nivel 334	49
5	Datos técnicos de la bomba en reposadera nivel 352	51
6	Datos técnicos de la bomba en reposadera nivel 362	53
7	Planificación de mantenimiento motor-bomba	55
8	Comparación de costos del sistema actual vs el propuesto	56
9	Retorno de inversión reposadera nivel 334	57
10	Retorno de inversión reposadera nivel 352	57
11	Retorno de inversión reposadera nivel 362	58



“Sistema de mejoramiento de bombeo de agua residuales dentro de la mina soterrada Emocon Group en la Libertad Chontales”

CAPITULO I

GENERALIDADES



1.1. Introducción

En el presente proyecto monográfico se hará un mejoramiento de sistema de bombeo de agua residuales a la empresa Emocon Group S.A. Es una empresa minera que se encarga de la construcción de obras verticales, horizontales y subterráneas, está ubicada en la Libertad Chontales Nicaragua, el propósito fundamental es mejorar el sistema de tratamiento de agua para lo cual utilizaremos la metodología establecida en el protocolo, esto permitirá lograr un mejor beneficio para la empresa como lo es el rendimiento de operaciones, vida útil de los equipos, rendimientos energéticos, menores costos de mantenimiento, etc.

Este problema de estudio obedece a la falta de personal calificado para llevar a cabo esta mejora, impacto ambiental y poco uso de un nuevo sistema eficiente. Cabe destacar que esta problemática del tratamiento de agua en la mina la Libertad ha afectado desde hace varios años.

Durante la investigación de este sistema se hicieron cálculos, consultas a libros, consultas al tutor, al ingeniero de proyecto de la empresa Emocon, de forma que se pudiera llegar a la solución del problema y poder lograr cada uno de los objetivos planteados, así permitir un buen funcionamiento del sistema de bombeo, sin fallas, sin errores y poder reducción de costos, esto hizo posible la finalización y presentación del proyecto, donde esperamos que la junta directiva de Emocon Group pueda tomar la decisión de la inversión y ejecución de la misma.



1.2. Antecedentes

En febrero del 2010 la empresa EMOCON GROUP subcontrató una pequeña empresa de suministros de bombas, la cual diseño y ejecuto el actual sistema de bombeo de aguas residuales para la mina subterránea de metales, dando resultados medios de bombeo y poco rendimiento de producción de metales, quedando los inversionistas y trabajadores insatisfechos con dicho trabajo.

En la mina la Libertad a partir del año 2006 se lleva el agua sin ser tratadas hasta los afluentes o lagunas naturales de la zona y así estuvieron hasta el 2010, que se instaló una serie de bombas sumergibles para hacer llegar el agua hasta dicho punto, pero no les fue rentable y se dañó a pocos años.

Esta problemática se ha venido manifestando por la falta de conocimiento en el área tecnológica de sistemas de bombeo y por no haber un personal capacitado para el diseño e instalación del bombeo de agua.



1.3. Justificación

La presente monografía se hará con el propósito de re-diseñar un sistema de bombeo de agua con la aplicación de bombas centrifugas en la mina la Libertad municipio la Libertad (Chontales) para que la mina subterránea tenga el tratamiento de agua suficiente para las descargas de los afluentes y así no tener más la problemática del agua en la zona.

Este proyecto le va a servir de utilidad a los habitantes de la Libertad en el tratamiento de aguas minimizando el impacto ambiental a la zona, también ayudará a la empresa Emocon Group a reducir costos de proyectos y aumentar la disponibilidad operativa de la mina, en el cual ayudará a tener impactos positivos en el campo de explotación de metal de dicha mina.



1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Re-diseñar el sistema de bombeo de aguas residuales en la mina soterrada La Libertad Chontales de la empresa EMOCON GROUP.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Seleccionar el tipo de bomba y accesorios más adecuado en el bombeo de agua residual
- ✓ Calcular ahorros operativos comparando el sistema actual versus el propuesto.
- ✓ Seleccionar el sistema de control automático de las bombas
- ✓ Elaborar plan de mantenimiento, costos y presupuestos para la instalación de un sistema de bombeo de agua.



CAPITULO II

MARCO TEORICO O CONCEPTUAL



2.1. Hidráulica

2.1.1. Propiedades de los fluidos

La ciencia del flujo de fluidos se denomina 'Reología' y uno de sus aspectos más importantes es la viscosidad. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

Las principales propiedades que presenta un fluido son:

► **Viscosidad:**

La viscosidad de un fluido puede considerarse como una medida de la resistencia del fluido a fluir. Los fluidos de alta viscosidad requieren mayores fuerzas de cizallamiento que los fluidos de baja viscosidad a una tasa de cizallamiento dada. Por lo tanto, se deduce que la viscosidad afecta la magnitud de la pérdida de energía en un fluido que fluye.

Dos parámetros básicos de viscosidad son comúnmente usados: absoluto (o dinámica) y viscosidad cinemática.

○ **Viscosidad absoluta (o dinámica)**

Esta es una medida de cuán resistente es el flujo de un fluido entre dos capas de fluido en movimiento. La unidad SI de viscosidad absoluta es (mPa.s), mientras que en el sistema cgs(cP) donde $1 \text{ mPa} \cdot \text{s} = 1 \text{ cP}$. La viscosidad absoluta generalmente se designa con el símbolo μ

○ **Viscosidad cinemática**

Esta es una medida de cuán resistente es el flujo de un fluido bajo la influencia de la gravedad. La unidad SI de viscosidad cinemática es (mm^2 / s) en el sistema llamado MKS (metro, kilogramo, segundo), mientras que en el sistema cgs (centímetros, gramos, segundos) esto se expresa como 1 centistoke (cSt), donde $1 \text{ mm}^2 / \text{s} = 1 \text{ cSt}$.

La viscosidad cinemática generalmente se designa con el símbolo ν . Relación entre la viscosidad absoluta y cinemática



La viscosidad absoluta y cinemática está relacionada por:

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

ρ = densidad

En el sistema cgs esto se traduce a:

$$\text{Viscosidad cinemática (cst)} = \frac{\text{viscosidad absoluta (cP)}}{\text{gravedad específica}}$$

O

Viscosidad absoluta (cP) = viscosidad cinemática (cst) * viscosidad específica

- **Temperatura:** La temperatura del fluido en la entrada de la bomba suele ser de la mayor preocupación como presión de vapor puede tener un efecto significativo en el rendimiento de la bomba. Otras propiedades del fluido como la viscosidad y la densidad también pueden verse afectadas por los cambios de temperatura. La temperatura de un fluido también puede tener un efecto significativo en la selección de cualquier material elastomérico utilizado
- **Presión:** Es la medida de la fuerza ejercida por unidad de área en la superficie externa del fluido.
- **Peso específico:** El peso específico de un fluido es su peso por unidad de volumen y es usualmente designado por el símbolo γ . Está relacionado con la densidad de la siguiente manera:

$\gamma = \rho \times g$ donde g es la gravedad.

Las unidades de peso por unidad de volumen son N / m³ o lbf / ft³. La gravedad estándar es la siguiente: $g = 9.807 \text{ m / s}^2$

$g = 32.174 \text{ pies / s}^2$

¡Nota! - La masa no debe confundirse con el peso. El peso es la fuerza producida por la gravedad que actúa sobre la masa.

→ **Densidad:** La densidad de un fluido es su masa por unidad de volumen, por lo general expresado en kilogramos por metro cúbico (kg / m³) o libras por cúbico pie (lb / ft³). La densidad generalmente se designa con el símbolo ρ .

1 m³ de alcohol etílico tiene una masa de 789 kg. es decir, densidad = 789 kg / m³. $\rho = \frac{m}{v}$

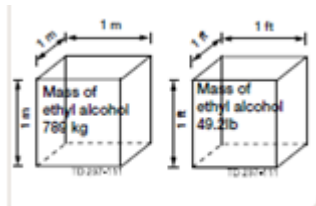


Fig. 1. Densidad

→ **Gravedad Específica:**

La gravedad específica de un fluido es la relación de su densidad a la densidad de agua. Como esta es una razón, no tiene unidades de medida. 1 m³ de alcohol etílico tiene una masa de 789 kg; su densidad es de 789 kg / m³. 1 m³ de agua tiene una masa de 1000 kg, su densidad es de 1000 kg / m³.

La gravedad específica del alcohol etílico es: $\frac{789 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3}$

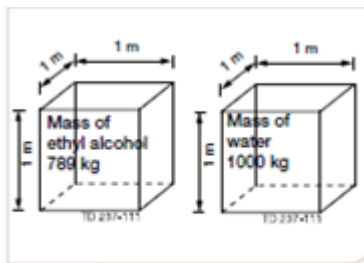


Fig. 2. gravedad específica

→ **Compresibilidad:** Es la medida del cambio en volumen que una sustancia sufre cuando existe presión sobre ella. En el caso de fluidos, los líquidos son considerados incompresibles y los gases como compresibles.

2.2. Conceptos

Los elementos principales que compone un sistema de bombeo es la motor-bomba, la tubería de succión, la tubería de descarga, las válvulas, etc. y que se utilizan para el suministro de agua y otros diferentes tipos de fluidos.

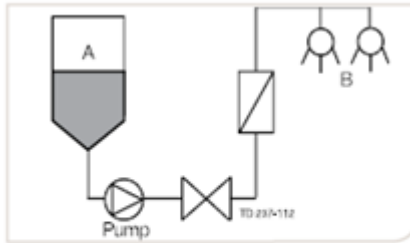


Fig. 3. Instalación típica de una bomba

A continuación, presentamos los diferentes conceptos de este sistema:

→ Bombas Rotodinámicas:

- Centrífuga (flujo radial, axial y mixto)
- Periférica (unipaso, multipaso)
- Especial (electromagnética)
- Bombas centrífugas: La bomba centrífuga, también denominada bomba rotodinámica, es actualmente la máquina más utilizada para bombear líquidos en general. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible.
- Bombas Periféricas: Son conocidas como bombas tipo turbina, de vértice y regenerativas, en este tipo se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas. La velocidad es generada a través de impulsos de energía extremadamente rápidos y potentes en el impulsor. Una aplicación de esta bomba es la usada en centrales hidroeléctricas
- Bombas Especial: Las bombas electromagnéticas permiten un caudal casi laminar durante la transferencia sin turbulencias de metal fundido. Sin



ninguna pieza móvil o contacto directo con el metal fundido. Bombas electromagnéticas: soportan hasta 800 °C.

→ **Bomba de desplazamiento positivo:**

Estas bombas guían el fluido a lo largo de su trayectoria. Manejan fluidos viscosos, manejan presiones de descarga altas, limitaciones de caudal, flujo pulsante, son autocebantes. Se clasifican en; Bombas Reciprocantes (pistón y Diafragma), Bombas rotatorias (Aspas o paletas, Peristáltica, tornillos, engranajes, lóbulos, pistón circunferencial).

→ **Válvulas**

Las Válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías. El Comité Europeo de Normalización (CEN) en su Norma EN-736-2 define las Válvulas como aquel componente de tuberías que permite actuar sobre el fluido por apertura, cierre u obstrucción parcial de la zona del paso o por derivación o mezcla del mismo. □ Las válvulas se emplean para controlar la cantidad de fluido.

- Válvulas de pie: Se emplean en la entrada de las líneas de succión que conducen fluido de un tanque de abastecimiento a una bomba, tienen un filtro.
- Válvulas de mariposa: Un disco delgado pivotea sobre un eje vertical. □ Cuando está abierto totalmente ocasiona una obstrucción pequeña.
- Válvulas check: Una válvula check es un tipo de válvula que permite al fluido fluir en una dirección, pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta (contra flujo)
- Válvulas de seguridad: Las válvulas de alivio de presión, también llamadas válvulas de seguridad o válvulas de alivio, están diseñadas para aliviar la presión cuando un fluido supera un límite preestablecido (presión de tarado). Su misión es evitar la explosión del sistema protegido o el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión



- **Medidor de flujo:** Un caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros.
 - **Manómetros:** s un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.
- **Fluido:** Es una substancia que fluye porque las partículas que lo componen no se encuentran unidas de forma rígida.
- **Flujo laminar:** Régimen de flujo en el cual el fluido se mueve de forma uniforme y regular.
- **Flujo turbulento:** Régimen de flujo que se caracteriza por el movimiento irregular de las partículas del fluido.
- **Pérdidas:** Es una medida de la disminución de la cabeza total de energía de un fluido en un sistema.



2.3. Cavitación

El término cavitación se deriva de la palabra cavidad, que significa un espacio hueco.

La cavitación es un espacio vacío indeseable en el puerto de entrada de la bomba normalmente ocupado por fluido. El punto de presión más bajo en una bomba se produce en la entrada de la bomba: debido a la reducción de presión local, parte del fluido puede evaporarse y generar pequeñas burbujas de vapor. Estas burbujas son transportadas por el fluido e implosionan instantáneamente cuando entran en áreas de mayor presión

Si ocurre la cavitación, esto dará como resultado una pérdida de la eficiencia de la bomba y una operación ruidosa. La vida útil de una bomba se puede acortar mediante daños mecánicos, mayor corrosión y erosión cuando hay cavitación.

Al dimensionar bombas en fluidos altamente viscosos, se debe tener cuidado de no seleccionar una velocidad de bomba demasiado alta para permitir que entre suficiente fluido en la bomba y asegurar un funcionamiento satisfactorio.

Para todos los problemas de aplicación de la bomba, la cavitación es la más común. Ocurre con todos los tipos de bombas, centrífugas, giratorias o recíprocas. Cuando se encuentre, la velocidad excesiva de la bomba y / o condiciones de succión adversas probablemente sean la causa, y la reducción de la velocidad de la bomba y / o la rectificación de la condición de succión generalmente eliminarán este problema.

→ **Cabeza de succión neta positiva (NPSH)**

Además de los requisitos de carga, capacidad, potencia y eficiencias totales, la condición en la entrada de una bomba es crítica. El sistema en el lado de entrada de la bomba debe permitir un flujo suave de fluido para ingresar a la bomba a una presión suficientemente alta para evitar la cavitación.

Los fabricantes de bombas suministran datos sobre el cabezal de succión positivo neto requerido por sus bombas (NPSHr) para un funcionamiento



satisfactorio. Al seleccionar una bomba, es crítico que la cabeza de succión neta positiva disponible (NPSHa) en el sistema sea mayor que la cabeza de succión positiva neta requerida por la bomba.

NPSHa también se conoce como N.I.P.A. (Presión de entrada neta disponible) y

NPSHr también se conoce como N.I.P.R. (Presión de entrada neta requerida).

Para que la bomba opere satisfactoriamente:

$$NPSHa > NPSHr$$

El valor de NPSHa o N.I.P.A. en el sistema depende de la característica del fluido que se bombea, la tubería de entrada, la ubicación del recipiente de succión y la presión aplicada al fluido en el recipiente de succión. Esta es la presión real que se ve en la entrada de la bomba. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

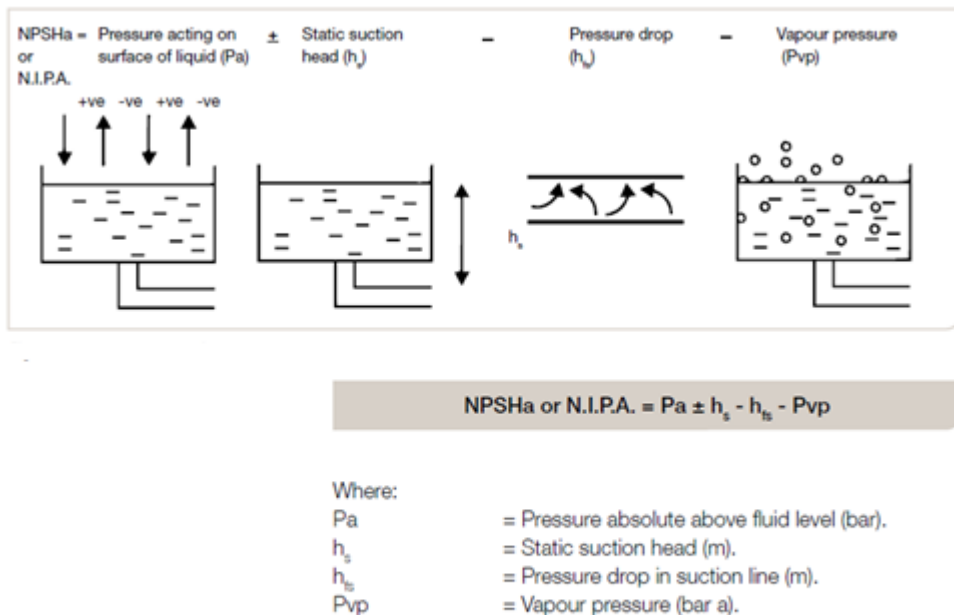


Fig. 4. Calculo del NPSHa (disponible)



De la fórmula NPSHa es posible verificar y optimizar las condiciones que afectan a NPSHa

Los efectos son presentados como los siguientes:

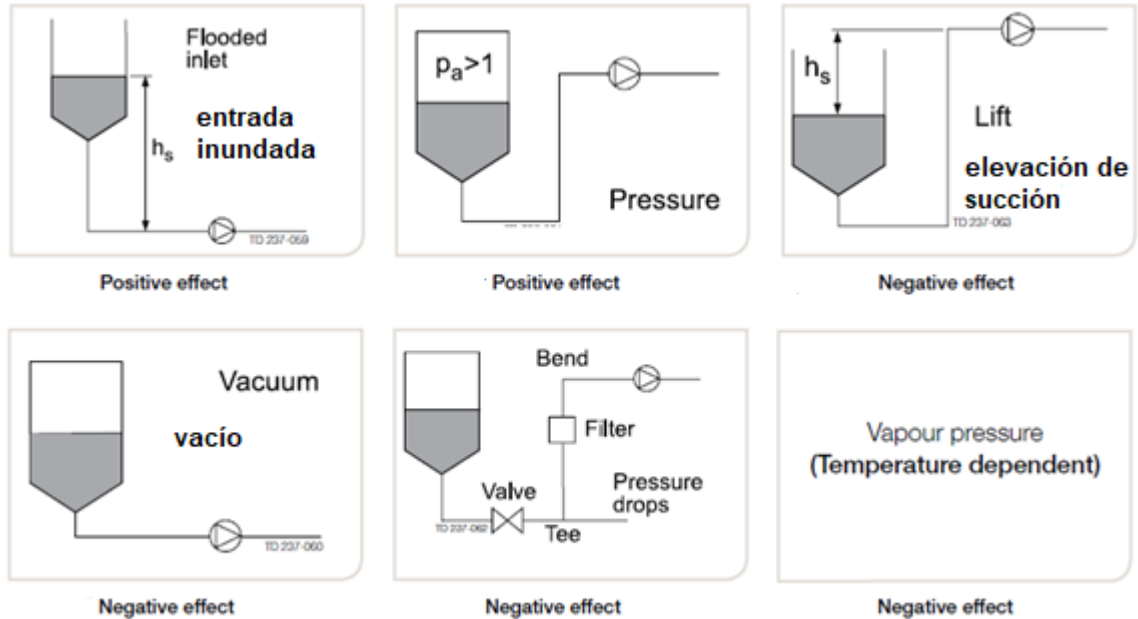


Fig. 5. Efectos del NPSHa (disponible)

2.4. Datos para la selección de la bomba

Para seleccionar una bomba, se requieren dos tipos de datos:

Datos de producto:

- ▶ fluido que incluyen viscosidad,
- ▶ densidad / gravedad específica,
- ▶ temperatura,
- ▶ características de flujo
- ▶ presión de vapor
- ▶ contenido de sólidos.

Datos de rendimiento:

- ▶ capacidad o tasa de flujo
- ▶ presión de entrada / descarga.



Los diferentes fluidos tienen diferentes características y generalmente se bombean bajo diferentes condiciones. Por lo tanto, es muy importante saber todos los datos relevantes sobre el producto y el rendimiento antes de seleccionar una bomba.

2.5. Condiciones de operación

2.5.1. Caudal

Para seleccionar equipos de bombeo, se deben determinar el caudal o los diversos caudales con que trabajarán estos equipos durante su vida útil.

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = Capacidad (m³/h)

A = Área de sección transversal del tubo (m²)

V = Velocidad del flujo (m/s)

2.5.2. Cabeza Total

La altura total es la diferencia de presión total entre el cabezal de descarga total y el cabezal de succión total de la bomba.

Total head H	=	$H_t - (\pm H_s)$
Total discharge head H_t	=	$h_t + h_{fr} + p_t$
Total suction head H_s	=	$h_s - h_{fs} + (\pm p_s)$

Where:

H = Total head.

H_s = Total suction head.

H_t = Total discharge head.

h_s = Static suction head.

h_t = Static discharge head.

h_{fs} = Pressure drop in suction line.

h_{fr} = Pressure drop in discharge line.

P_s = Vacuum or pressure in a tank on suction side.

P_t = Pressure in a tank on discharge side.

In general terms: $p > 0$ for pressure.

$p < 0$ for vacuum.

$p = 0$ for open tank.

$h_s > 0$ for flooded suction.

$h_s < 0$ for suction lift.

Fig. 6. Fórmula de cabeza total



- ▶ **Succión Inundada:** Este término se usa generalmente para describir una presión / cabezal de entrada positiva, por lo que el fluido fluirá fácilmente a la entrada de la bomba a una presión suficiente para evitar la cavitación
- ▶ **Cabeza estática:** La cabeza estática es una diferencia en los niveles de fluidos.
- ▶ **Cabeza de succión estática:** Esta es la diferencia de altura entre el nivel de fluido y el centro línea de la entrada de la bomba en el lado de entrada de la bomba
- ▶ **Cabeza de descarga estática:** Esta es la diferencia de altura entre el nivel de fluido y el centro línea de la entrada de la bomba en el lado de descarga de la bomba.
- ▶ **Cabeza estática total:** La altura estática total de un sistema es la diferencia de altura entre el cabezal de descarga estática y el cabezal de succión estático
- ▶ **Cabeza de fricción:** Esta es la caída de presión en los lados de entrada y descarga de la bomba debido a pérdidas por fricción en el flujo de fluido.
- ▶ **Cabeza Dinámica:** Esta es la energía requerida para poner el fluido en movimiento y superar cualquier resistencia a ese movimiento.
- ▶ **Cabeza de succión Total:** El cabezal de succión total es el cabezal de succión estática menos el cabezal dinámico. Donde el cabezal estático es negativo, o donde el cabezal dinámico es mayor que el cabezal estático, esto implica que el nivel de fluido estará por debajo de la línea central de la entrada de la bomba (es decir, elevación de succión).
- ▶ **Cabeza Total de descarga:** El cabezal de descarga total es la suma de la descarga estática y cabezas dinámicas manométrica total en diversos sistemas de agua potable con bombas de eje horizontal.

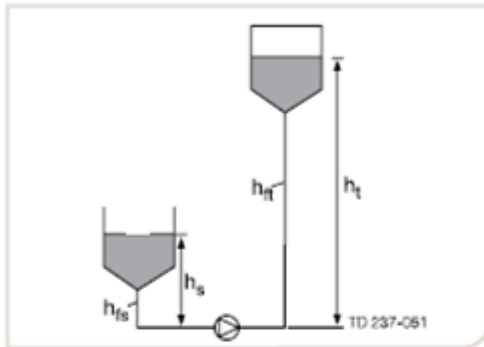


Fig. 7. succión inundada y tanque de descarga abierto

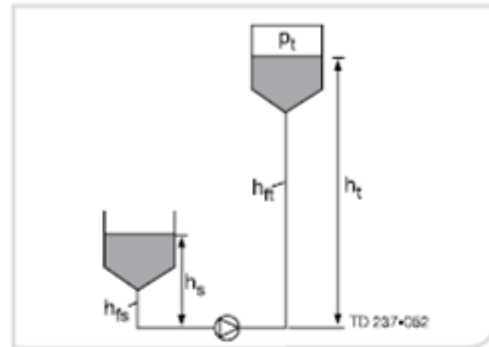


Fig.8 Succión inundada y tanque de descarga cerrado

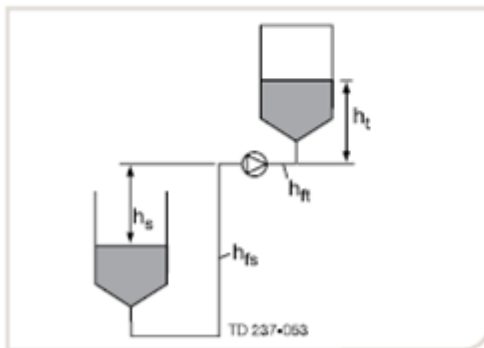


Fig. 9. Elevación de succión y tanque de descarga abierto

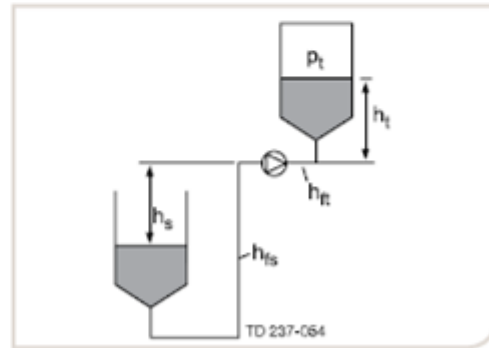


Fig. 10. Elevación de succión y tanque de descarga cerrado

2.5.3. Datos de Rendimiento

- ▶ Capacidad (tasa de flujo): La capacidad (o tasa de flujo) es el volumen de fluido o masa que pasa un área determinada por unidad de tiempo
- ▶ Presión: La presión se define como la fuerza por unidad de área:
- ▶ Diferentes tipos de presión
 - Presión Atmosférica: La presión atmosférica estándar es de 1.013 bar o 14.7 psi absoluta (bar a o psia).
 - Presión Manométrica: Usando presión atmosférica como referencia cero, la presión manométrica es la presión dentro del medidor que excede el entorno presión atmosférica.



- Presión Absoluta: Es la presión total ejercida por un fluido.

Presión absoluta = presión manométrica + presión atmosférica

- Presión de vacío: Este es un término comúnmente utilizado para describir la presión en un sistema de bombeo por debajo de la presión atmosférica normal.

0 psia = 760 mm Hg (29.9 in Hg).

14.7 psia = 0 mm Hg (0 in Hg).

- ▶ Presión de entrada (succión)
- ▶ Presión de salida (descarga)
- ▶ Diferencial de presión: Esta es la diferencia entre las presiones de entrada y salida. Para las presiones de entrada por encima de la presión atmosférica, la presión diferencial se obtiene al restar la presión de entrada de la presión de salida. Para las presiones de entrada por debajo de la presión atmosférica, la presión diferencial se obtiene al agregar la presión de entrada a la presión de salida. Por lo tanto, es la lectura de presión total y es la presión contra la cual la bomba tendrá que operar. Los requisitos de potencia deben calcularse en función de la presión diferencial. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

EJEMPLO:

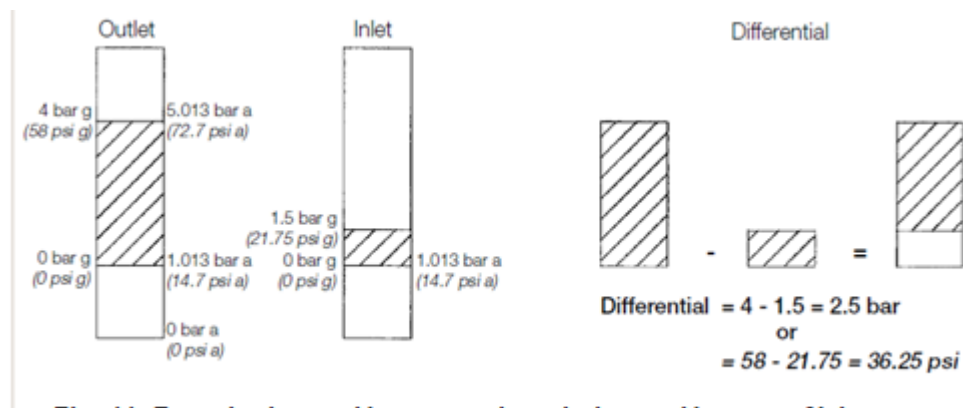


Fig. 11. Entrada de presión por encima de la presión atmosférica

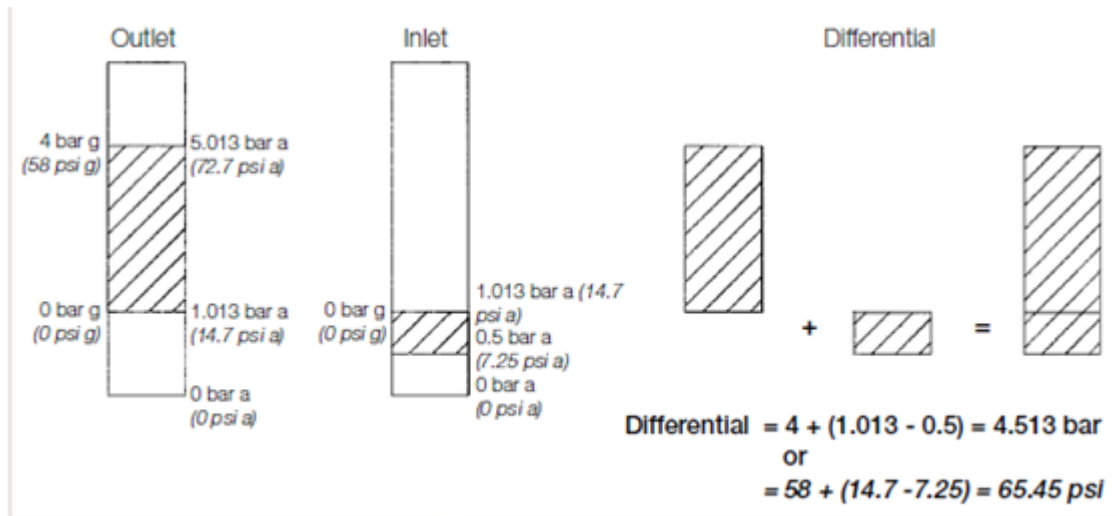


Fig. 12. Entrada de presión por debajo de la presión atmosférica

Las pérdidas de energía dentro de las bombas pueden clasificarse como volumétricas, mecánicas e hidráulicas.

Las pérdidas **volumétricas** son producidas debido a la existencia de pequeñas separaciones entre la carcasa y el impulsor por donde pueden presentarse fugas.

Las **pérdidas mecánicas** son originadas por fricciones mecánicas en las empaquetaduras y cojinetes, discos internos y esfuerzos cortantes creados por el líquido.

Las **pérdidas hidráulicas** consisten en pérdidas por fricción y parásitas que se producen en la circulación del agua.

2.6. Características del Flujo

El flujo de un fluido puede clasificarse en dos grupos: laminar y turbulento. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

2.6.1. Flujo Laminar

Esto a veces se conoce como flujo aerodinámico, viscoso o constante. El fluido se mueve a través de la tubería en capas concéntricas con la velocidad máxima en el centro de la tubería, disminuyendo a cero en la pared de la tubería. El perfil de velocidad es parabólico, el gradiente del cual depende de la viscosidad del fluido para un caudal establecido.

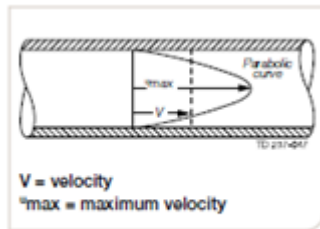


Fig. 13. Flujo Laminar

2.6.2. Flujo Turbulento

Esto a veces se conoce como flujo inestable con considerable mezcla que tiene lugar a través de la sección transversal de la tubería. El flujo turbulento generalmente aparece a velocidades relativamente altas y/o viscosidades relativamente bajas.

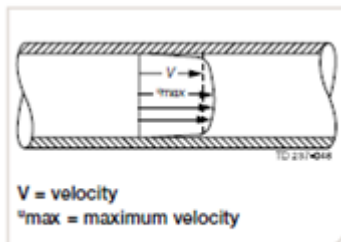


Fig. 14. Flujo Turbulento

2.6.3. Flujo de transición

Entre flujo laminar y turbulento hay un área denominada flujo de transición donde las condiciones son inestables y tienen una combinación de cada característica



2.6.4. Velocidad

La velocidad es la distancia que un fluido se mueve por unidad de tiempo y está dada por una ecuación de la siguiente manera:

In dimensionally consistent SI units

$$\text{Velocity } V = \frac{Q}{A} \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} V = \text{fluid velocity (m/s)} \\ Q = \text{capacity (m}^3/\text{s)} \\ A = \text{tube cross sectional area (m}^2\text{)} \end{array}$$

Other convenient forms of this equation are:

$$\text{Velocity } V = \frac{Q \times 353.6}{D^2} \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} V = \text{fluid velocity (m/s)} \\ Q = \text{capacity (m}^3/\text{h)} \\ D = \text{tube diameter (mm)} \end{array}$$

Fig. 15. fórmula de la velocidad del fluido

2.6.5. Numero de Reynolds

Esta es una relación de inercia fuerzas a fuerzas viscosas, y como tal, un valor útil para determinar si el flujo ser laminar o turbulento.

Other convenient forms of this equation are:

$$\text{Re} = \frac{D \times V \times \rho}{\mu} \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} D = \text{tube diameter (mm)} \\ V = \text{fluid velocity (m/s)} \\ \rho = \text{density (kg/m}^3\text{)} \\ \mu = \text{absolute viscosity (cP)} \end{array}$$

or

$$\text{Re} = \frac{21230 \times Q}{D \times \mu} \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} D = \text{tube diameter (mm)} \\ Q = \text{capacity (l/min)} \\ \mu = \text{absolute viscosity (cP)} \end{array}$$

Fig. 16. Fórmula del número de Reynolds

Como el número de Reynolds es una relación de dos fuerzas, no tiene unidades. Para un conjunto dado de condiciones de flujo, el número de Reynolds no variará cuando se usen unidades diferentes. Es importante usar el mismo conjunto de unidades.



Re menor que 2300 - flujo laminar (Domina la fuerza viscosa – alta pérdidas del sistema)

Re en el rango de 2300 a 4000 - Flujo de transición (Fuerzas críticamente equilibradas)

Re mayor que 4000 - Flujo turbulento (Domina la fuerza de inercia – baja pérdidas del sistema)

Cuando se produce un flujo de transición, los cálculos de pérdida por fricción deben llevarse a cabo tanto para condiciones laminar como turbulentas, y la pérdida resultante más alta utilizada en los cálculos subsiguientes del sistema.

2.6.6. Presión de Vapor

Los fluidos se evaporarán a menos que se lo impida la presión externa. La presión de vapor de un fluido es la presión (a temperatura dada) a la cual un fluido cambiará a vapor y se expresado como presión absoluta (bar a o psia). Cada fluido tiene su propia relación presión / temperatura de vapor. En el dimensionamiento de la bomba, la presión de vapor puede ser un factor clave en la comprobación del cabezal de aspiración positiva neta (NPSH) disponible en el sistema.

Temperature	Vapour pressure (bar)
0° C (32° F)	0.006 bar a (0.087 psia)
20° C (68° F)	0.023 bar a (0.334 psia)
100° C (212° F)	1.013 bar a (14.7 psia)

Water will boil (vaporise) at a temperature of:

- 0° C (32° F) if Pvp = 0.006 bar a (0.087 psia).
- 20° C (68° F) if Pvp = 0.023 bar a (0.334 psia).
- 100° C (212° F) if Pvp = 1.013 bar a (14.7 psia)
(atmospheric conditions at sea level).

Fig. 17. Presión de vapor del agua

En términos generales Pvp:

- ▶ Depende del tipo de fluido.
- ▶ Aumenta a mayor temperatura.
- ▶ Es de gran importancia para las condiciones de entrada de la bomba.
- ▶ Debería determinarse a partir de tablas relevantes.



- El Pvp para agua a diversas temperaturas se muestra en la sección 14.4

2.6.7. Relación entre presión y elevación

En un fluido estático (un cuerpo de fluido en reposo) la diferencia de presión entre dos puntos es en proporción directa solo a la distancia vertical entre los puntos. La misma altura vertical dará la misma presión independientemente de la configuración de la tubería en el medio.

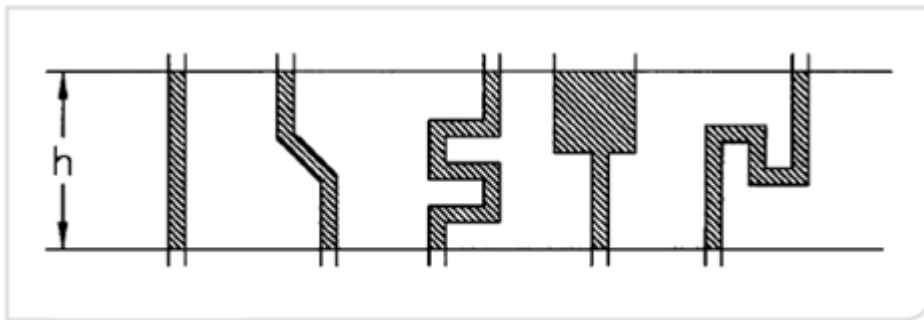


Fig. 18. Relación entre presión y elevación

Esta diferencia de presión se debe al peso de una "columna" de fluido y se puede calcular de la siguiente:

$$\text{Static Pressure (P)} = \rho \times g \times h \text{ where } P = \text{Pressure/head (Pa)}$$

ρ = density of fluid (kg/m^3)
 g = gravity (m/s^2)
 h = height of fluid (m)

Other convenient forms of this equation are:

$$\text{Static Pressure (P)} = \frac{h \text{ (m)} \times \text{SG}}{10} \quad (\text{bar})$$

Fig. 19. Fórmula de presión estática



Ejemplo:

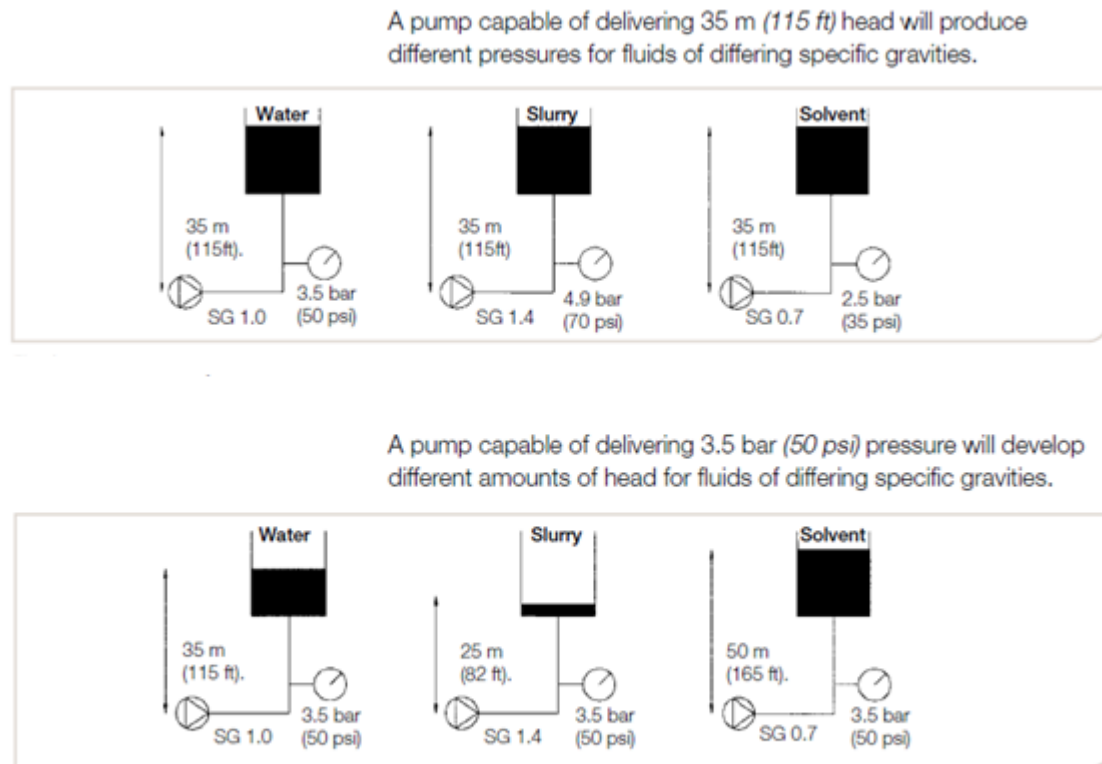


Fig. 20. Ejemplo de relación de elevación para presión utilizando la fórmula de presión estática

2.6.8. Caída de Presión

- La caída de presión es el resultado de pérdidas por fricción en tuberías, accesorios y otro proceso equipo etc.
- Los fabricantes de equipos de procesamiento, intercambiadores de calor, mezcladores estáticos, etc., generalmente tienen datos disponibles para la caída de presión. Estas pérdidas se ven afectadas por la velocidad del fluido, la viscosidad, el diámetro del tubo, el acabado de la superficie interna del tubo y la longitud del tubo.
- Para cálculos en agua como fluidos de viscosidad, la caída de presión puede determinarse refiriéndose a la curva de caída de presión. Ver ejemplo 1.



- Para fluidos de mayor viscosidad, se aplica un factor de corrección de viscosidad a los accesorios del tubo multiplicando el tubo equivalente resultante de longitud.

2.7. Control de nivel del líquido

2.7.1. Definición

La medición de nivel se define como la determinación de la posición de la interface entre dos medios. Estos son usualmente fluidos, pero pueden existir sólidos o combinación de ellos. La interface puede existir entre un líquido y un gas, un líquido y su vapor, dos líquidos, un sólido o sólido diluido y un gas.

2.7.2. Clases de medición de nivel de líquidos

La medición de nivel se justifica tanto en mediciones de procesos continuos como en mediciones puntuales tales como alarmas por alto o bajo nivel.

En procesos continuos se tiende al logro de una capacidad de almacenamiento menor, reduciendo el costo inicial del equipo y exigiendo la necesidad de un control preciso y sensible de nivel. La aplicación más frecuente de los detectores de nivel es la señalización de lleno y vacío. Para la medición continua se utilizan, entre otros, los principios: capacitivo, conductivo, vibratorio, a microondas, hidrostático, a ultrasonido y radiométrico, además, en la actualidad, para la investigación se utilizan los basados en elementos radioactivos.

2.7.3. Aplicaciones de las mediciones de nivel

Las técnicas utilizadas de medición de nivel están presentes en todos los campos entre los cuales se tienen: química, petroquímica, alimentación, cervecería, tratamiento de aguas blancas, tratamiento de aguas residuales, materiales para la construcción, rocas y minerales, centrales de energía, fabricación de papel, astilleros, industrias del automóvil y aeronáutica.



2.7.4. Métodos de medición de nivel

Los métodos más utilizados en la industria para la medición de nivel de líquidos pueden ser clasificados en métodos de medición directa e indirecta.

2.8. Tipos de mantenimiento de la bomba

(Mc Naughton, 1990) Para reducir la posibilidad que una falla se inicie en una bomba, se deben hacer inspecciones de la misma frecuentemente y desarrollar un plan de mantenimiento preventivo.

2.8.1. El mantenimiento preventivo

Es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

2.8.2. El Mantenimiento correctivo

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación.

El mantenimiento y la frecuencia de las revisiones dependerán de las horas de funcionamiento de la bomba, de la severidad de las condiciones de servicio y de los materiales utilizados en la construcción.



CAPITULO III

ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADO



PRESENTACIÓN DE RESULTADO

3. Propuesta de mejora de bombeo de aguas residuales en mina soterrada EMOCON GROUP La Libertad Chontales.

3.1. Descripción General del proyecto

La necesidad del proyecto de mejoramiento de sistemas de bombeo en mina La Libertad es de suma urgencia. El proyecto consiste en mejorar el sistema de bombeo de agua residual de 3 reposadera dentro de una mina, la reposadera denominada nivel 334, va bombear a la reposadera nivel 352, luego la reposadera 352 va bombear a la reposadera nivel 362 y por último la reposadera 362 va bombear a la reposadera final nivel 390, es la que está en la superficie.

Para esta aplicación se utilizará una bomba centrífuga de impulsor semi abierto, el tipo de bombeo será de succión negativa, se colocará una válvula de pida de filtro en la succión, un manómetro en la entrada y salida de la bomba, un medidor de flujo a la descarga, una válvula de retención, de alivio y de mariposa, se usaran tubos de hierro dulce de 4 pulgadas, esto para llevar un control de operación del flujo, la tubería esté bien soportada para que no colapse y poder ejercer sus respectivos mantenimiento según su programación.

3.2. Visita preliminar de campo

Durante la visita en el lugar del proyecto inspeccionamos las reposaderas, las conexiones, los equipos instalados, etc. para así tener una idea de empezar a realizar los estudios para el mejoramiento, Estas bombas están seleccionadas y conectadas empíricamente, no hay un estudio realizado por parte de la empresa EMOCON GROUP. No se sabe si las bombas instaladas son las correctas, no toman en cuenta el consumo energético, el NPSHa, la presión de descarga, etc.

Mediante el apoyo del jefe de Operaciones y Mantenimiento, recopile información sobre la distribución de las tuberías en las 3 reposadera, instalación, seguimiento a los mantenimientos, costo de operación, costo energético.

Una vez recopilada la información, me tome el trabajo de hacer las medidas de reposadera a reposadera, distancia y altura. También cálculo del volumen de cada reposadera, tiempo de llenado, viscosidad, gravedad específica, temperatura, etc.

3.3. Cálculos Hidráulico

3.3.1. Reposadera nivel 334

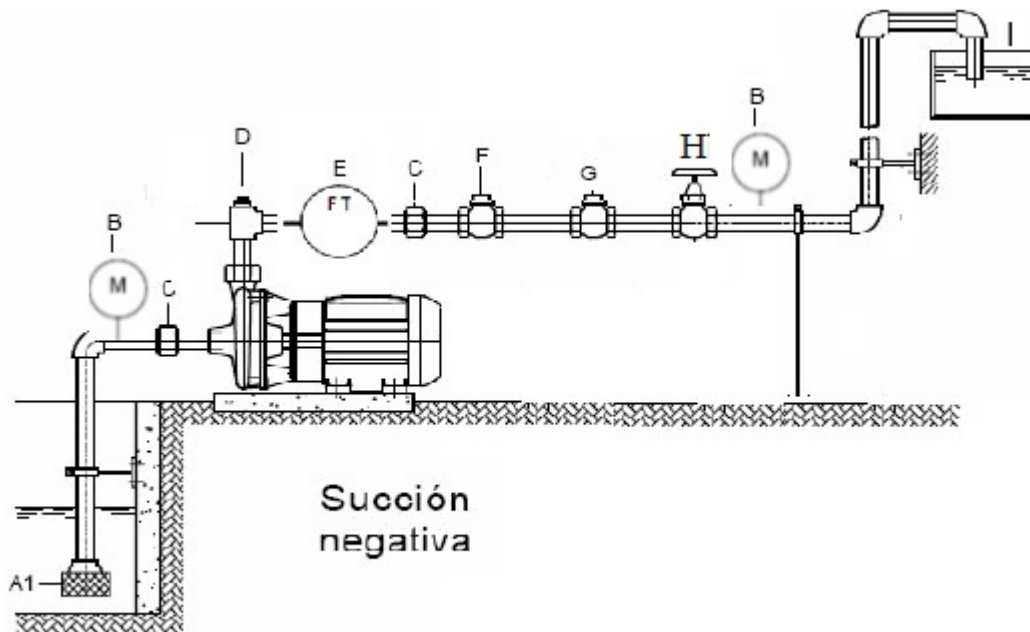


Fig. 21. Representación de la reposadera del nivel 334

- A₁ = Válvula de pie con canastilla
- B = Manómetros
- C = Unión universal
- D = tapón de cebado
- E = Medidor de Flujo
- F = válvula check
- G = válvula de alivio
- H = Válvula de Mariposa



Datos

$V = 34 \text{ m}^3$ volumen de la reposadera 334

$h_s = 1\text{m}$ cabeza de succión

$h_t = 17\text{m}$ cabeza de descarga

$L = 190\text{m}$ longitud de tubería de descarga

$L = 0.5\text{m}$ longitud de la tubería de succión.

Utilizando el método empírico, para llenar esta reposadera se tomó un tiempo de:
32 minutos

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{34\text{m}^3}{32 \text{ min}} = 1.0625 \text{ m}^3/\text{min} = 63.75\text{m}^3/\text{h}$$

$$Q = \text{caudal } \text{m}^3/\text{h}$$

$$t = \text{tiempo (minutos)}$$

$$V = \text{volumen (m}^3\text{)}$$

Tomamos $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ ya que el caudal que debe de dar la bomba tiene que ser menor que el de la reposadera para que la bomba no trabaje con aire.

Velocidad del flujo: Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Los valores permisibles son los siguientes: (Crane, 1990)

- Velocidad mínima = 0.4 m/s
- Velocidad máxima = 2.0 m/s

Tomamos una velocidad entre máximo y mínimo de 1.5 m/s

3.3.1.1. Cálculo del diámetro de la tubería

$$\rightarrow \text{Ecuación N}^\circ 1: Q = \frac{V}{A} = \frac{V}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$\text{despejando el diámetro obtenemos la siguiente ecuación } D = \sqrt{\frac{4*Q}{V*\pi}}$$



Donde:

- D : diametro de la tuberia (mm)
- Q = caudal de bombeo ($\frac{m^3}{s}$)
- V = velocidad del flujo $\frac{m}{s}$
- $D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.01667 \frac{m^3}{s}}{1.5 \frac{m}{s} \cdot 3.14}}$
- $D = \sqrt{\frac{0.066 \frac{m^3}{s}}{4.71 \frac{m}{s}}}$

$$D = 0.1165m = 116mm$$

El tubo con diámetro de 5" tiene un diámetro interior de: 127mm,

El tubo con diámetro de 4" tiene un diámetro interior de 101.6mm

Se ajusta al diámetro de tubería estándar de 4".

3.3.1.2. Cálculo del número de Reynolds

Aquí determinaremos si el flujo es Laminar o Turbulento

- ▶ Si $Re < 2300$ flujo laminar
- ▶ Si Re esta en el rango de 2300-4000 flujo de transición
- ▶ Si $Re > 4000$ flujo turbulento

$$\rightarrow \text{Ecuación N° 2: } Re = \frac{DxVx\rho}{\mu}$$

Datos:

- ▶ $D = 101.16mm$
- ▶ $Q = 60 \frac{m^3}{h} = 1000 \frac{l}{min}$
- ▶ $\rho_{H_2O} = 1000 \frac{Kg}{m^3}$
- ▶ $\mu = \nu(cst) \times SG$ Viscosidad absoluta
- ▶ $\mu(cp) = 1$
- ▶ $SG_{H_2O} = 1$
- ▶ $\nu(cst) = \frac{\mu(cp)}{SG}$ Viscosidad cinemática



$$\nu(cst) = \frac{1cp}{1} = 1cst$$

$$\mu = 1cst * 1 = 1Cp$$

$$R_e = \frac{D * V * \rho}{\mu}$$

$$R_e = \frac{101.1mm * 1.5 m/s * 1000 kg/m^3}{1}$$

$R_e = 152,400.00 > 4000$ por tanto el flujo es turbulento

3.3.1.3. Cálculo de caída de presión

La caída de presión es el resultado de pérdidas por fricción en tuberías, accesorios y otro proceso de equipos, etc.

- ▶ Para cálculos en agua como fluidos de baja viscosidad, la caída de presión puede determinarse refiriéndose a la curva de caída de presión.
- ▶ Para fluidos de mayor viscosidad, se aplica un factor de corrección de viscosidad a los accesorios del tubo multiplicando el tubo equivalente resultante de longitud.

Nota: La caída de presión a través de los tubos, válvulas y accesorios se determina como la longitud equivalente del tubo, de modo que se puede calcular la caída de presión total. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

La conversión a longitud de tubo equivalente se lleva a cabo por referencia a la sección 14.7. Esto da como resultado la siguiente longitud de tubo equivalente para los diferentes equipos como se muestra en las siguientes tablas:



Tabla. 1. conversión a longitud de tubo equivalente para reposadera Nivel 334
(ver Fig. 21) (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

Referencia	Equipos	Longitud en (m) D = 4”
A ₁	Válvula de pie con canastilla	1x26 = 26m
A ₁ -B	Tubo de hierro comercial	1 = 1
B	manómetro	1x2 = 2
A ₁ -B	Codo 90°	1x2 = 2
C	Unión Universal	1x2 = 2
C-B	Tubo de hierro comercial	0.5 = 0.5
D	Tapón de cebado	1x2 = 2
D-I	Tubo hierro comercial	207 = 207
E	Medidor de flujo	1x2 = 2
F	Válvula de retención	1x26 = 26
G	Válvula de alivio	1x26 = 26
H	Válvula de mariposa	1x2 = 2
B	Manómetro	1x2 = 2
D-I	Codos 90°	3x2 = 6
D-I	Unión Universal	35x2 = 70
TOTAL		376.5m



La caída de presión a través de 100 m de tubo para tamaños de 38 mm, 51 mm, 63,5 mm y 101.6 mm se determina mediante la siguiente curva.

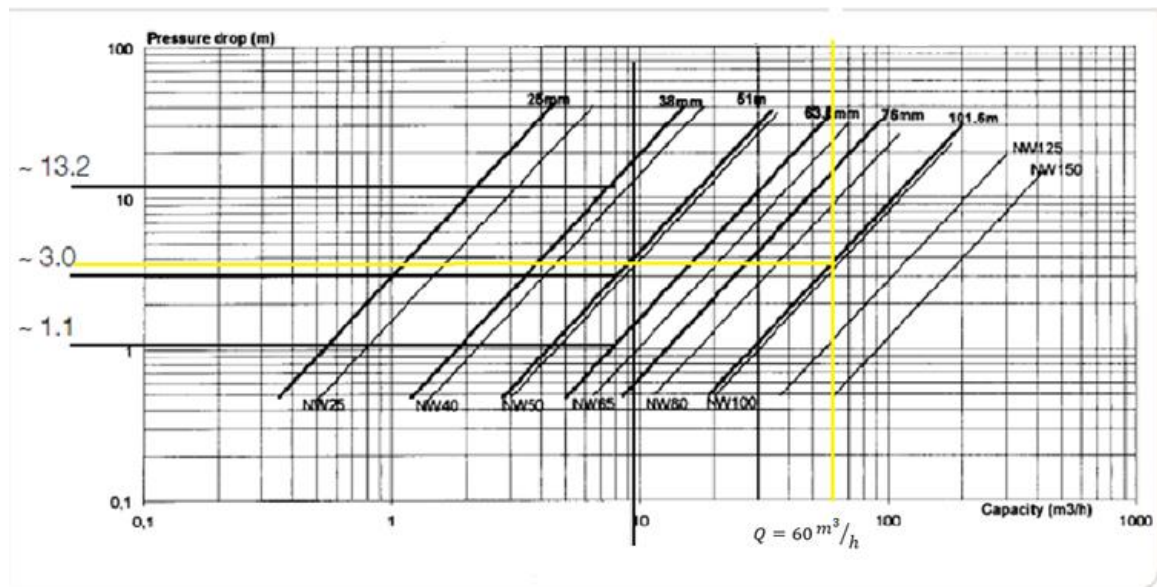


Fig. 22. Curva de caída de presión

Interceptando la curva de caída de presión, caudal y la línea del tubo para 4". Se obtiene una caída de presión de 3.9m.

Como se ve en la tabla. 1. la longitud equivalente de los accesorios y tubos es de 376.5m.

El total de caída de presión ΔH es calculada de la siguiente Manera. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

$$\text{Para } 101.6\text{mm } \Delta H = \frac{376.5 \times 3.9}{100} = 14.68\text{m} = 2 \text{ bar}$$

3.3.1.4. Cálculos de pérdida por fricción

La ecuación de Miller dada a continuación se puede usar para determinar las pérdidas por fricción tanto para el flujo laminar como turbulento en una longitud determinada de tubería. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)



In dimensionally consistent SI units:

$$P_f = \frac{f_D \times L \times \rho \times V^2}{D \times 2}$$

Where:

P_f	= pressure loss due to friction (Pa).
f_D	= Darcy friction factor.
L	= tube length (m).
D	= tube diameter (m).
V	= fluid velocity (m/s).
ρ	= density of fluid (kg/m ³).

Other convenient forms of this equation are:

$$P_f = \frac{5 \times SG \times f_D \times L \times V^2}{D}$$

Where:

P_f	= pressure loss due to friction (bar).
f_D	= Darcy friction factor.
L	= tube length (m).
D	= tube diameter (mm).
V	= fluid velocity (m/s).
SG	= specific gravity.

**Fig. 23. Fórmula para el cálculo de las
perdías por fricción del fluido.**

Para el flujo turbulento, el factor de fricción Darcy (f_D) debe determinarse por referencia al diagrama Moody (**ver Fig. 24**). Primero es necesario calcular la rugosidad relativa designada por el símbolo ϵ .

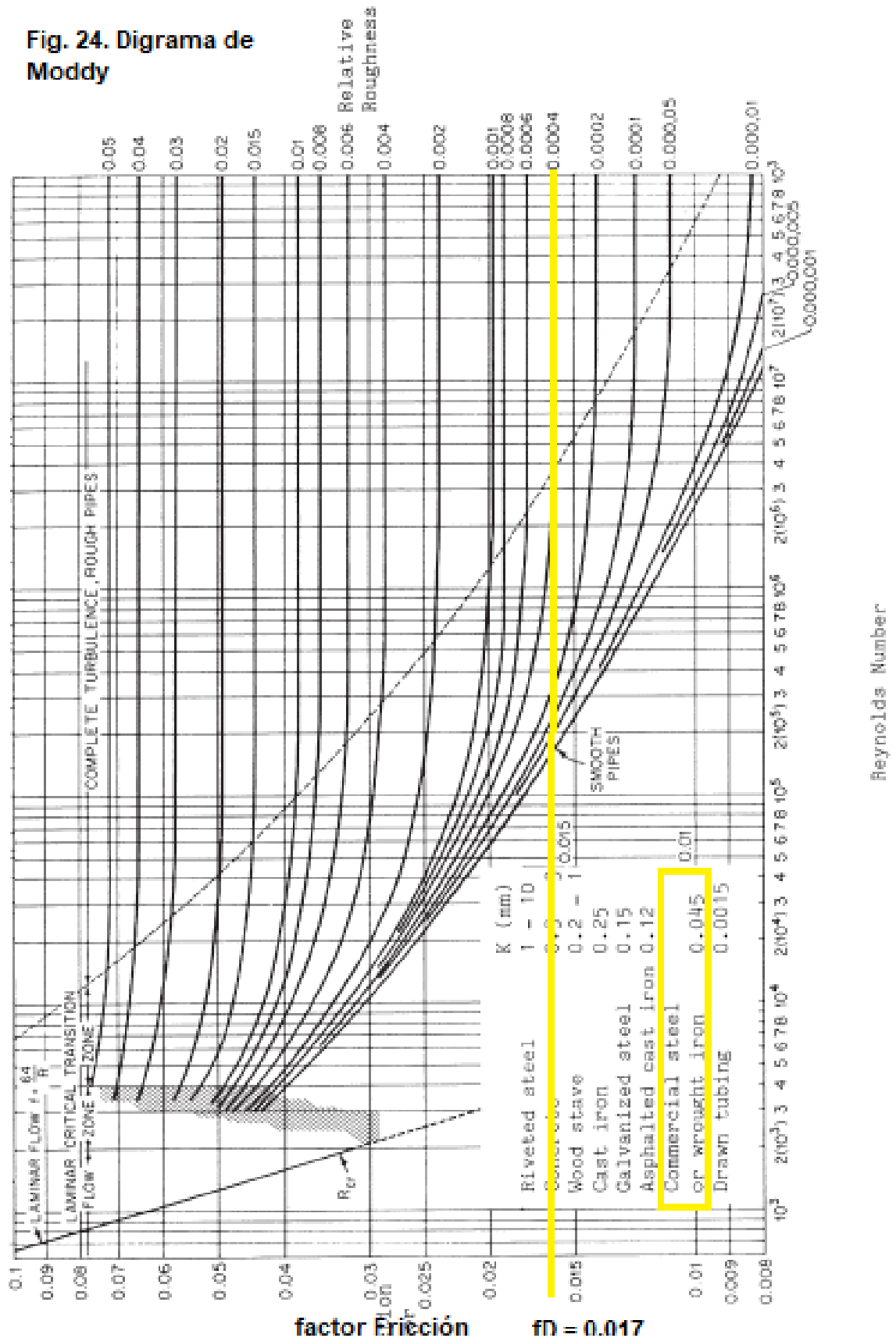
$$\rightarrow \text{Ecuación N° 3: } \epsilon = \frac{k}{D}$$

- k = rugosidad relativa que es la altura promedio de los picos de la superficie interna de la tubería (mm).
- D : diámetro interno de la tubería (mm)

La rugosidad relativa de las tuberías varía con el diámetro, el tipo de material utilizado y la antigüedad de la tubería. Es habitual simplificar esto mediante el uso de una rugosidad relativa (k) de 0,045 mm, que es la rugosidad absoluta de los tubos de acero comercial o de hierro forjado limpios proporcionados por Moody.

$$k = 0.045 \text{ mm (ver Fig. 24. diagrama de Moody)}$$

**Fig. 24. Digrama de
Moddy**





$$D = 101.6\text{mm}$$

$$\epsilon = \frac{0.045\text{mm}}{101.6\text{mm}} = 0.00044$$

En la **Fig. 24.** interceptando en el diagrama de Moody, el factor Darcy queda de la siguiente manera:

$$f_D = 0.017$$

► Perdida por fricción a la succión (ver Fórmula en **Fig. 23.**)

$$P_{fs} = \frac{5 * 1 * 0.017 * 1\text{m} * (1.5\text{ m/s})^2}{101.6\text{mm}} = 0.0018\text{ bar} = h_{fs}$$

- $h_s < 0$ para elevación de succión (**ver fig. 6.**)
- $P = 0$ Para tanque abierto (**ver fig. 6.**)

► Perdida por fricción a la descarga (ver Fórmula en **Fig. 23.**)

$$P_{ft} = \frac{5 * 1 * 0.017 * 207\text{m} * (1.5\text{ m/s})^2}{101.6\text{mm}} = 0.3896\text{ bar}$$

3.3.1.5. Cabeza total de succión

- $h_{fs} = 0.0018\text{ bar}$
- $h_s = 1\text{mca} = 0.1\text{bar}$
- $p_s = \text{vacío o presión en un tanque sobre el lado de succión}$ (**ver fig. 6.**)
- $p_s = 0$ tanque abierto (**ver fig. 6.**)

$$H_s = h_s + h_{fs} + (\pm p_s)$$

$$H_s = 0.1\text{bar} - 0.0018\text{ bar} + (0) = 0.09812\text{ bar} < P_{atm}$$

3.3.1.6. Cabeza total de descarga

- $h_t = 17\text{mca} = 1.7\text{bar}$
- $h_{ft} = 0.3896\text{ bar}$
- $p_t = \text{presión en un tanque sobre el lado de descarga}$
- $p_t = 0$ (**ver fig. 6.**)

$$H_t = h_t + h_{ft} + P_t$$



$$H_t = 1.7bar + 0.3896bar + 0 = 2.089 bar > Patm$$

3.3.1.7. Cabeza total

$$H = H_t - (\pm H_s)$$

$H_s < Pat$ por tanto se suman (ver página 19 y **Fig. 12.**)

$$H = 2.089bar - (+0.09812bar) = 1.99bar \approx 2bar + \Delta H$$

$\Delta H =$ caída de presión (calculado en la página 35)

$$H = 2bar + 2bar = 4bar$$

3.3.1.8. Cálculo del NPSHa

- Para aplicaciones a baja temperatura, la presión de vapor generalmente no es crítica y se puede suponer que es insignificante. (HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP, 2006)

De los cálculos anteriores se obtienen los siguientes resultados:

- $P_a = 1.013 bar = 10.13m$ (presión atmosférica)
- $h_s = 1mca$ (altura de succión)
- $h_{fs} = 0.00188 * 10 = 0.0188mca$ (pérdidas por fricción a la succión)
- $P_{vp} = 0.0425bar * 10 = 0.425mca$ ver fig. 17. Temperatura del agua 26°C

Aplicando la fórmula del NPSHa (disponible) obtenemos el siguiente resultado:

$$NPSHa = P_a \pm h_s - h_{fs} - P_{vp} \text{ (ver fig. 4.)}$$

Este sistema es para una elevación de succión por tanto el efecto es negativo y la presión atmosférica se resta. **(Ver fig. 5)**

$$NPSHa = 10.13 - 1mca - 0.0188mca - 0.425mca$$

$$NPSHa = 8.68 mca$$



3.3.2. REPOSADERA NIVEL 352

Para esta reposadera utilizaremos las mismas fórmulas, mismo diagrama y procedimiento que el de la reposadera 334.

Lo que cambiaría son algunos datos de operación que a continuación se detallan.

- Volumen de la reposadera $V = 24.15m^3$
- Longitud de tubería de descarga $L = 87m$
- Longitud de la tubería de succión: $L = 0.5m$
- Altura de descarga $h_t = 15m$
- Altura de succión $h_s = 1m$
- Caudal $Q = 60 \text{ m}^3/h$
- Diámetro $D = 101.6mm$
- Velocidad del fluido $V = 1.5 \text{ m/s}$
- Numero de Reynolds $R_e = 152,400.00 > 4000$ por tanto el flujo es turbulento



3.3.2.1. Cálculo de caída de presión de tubería y accesorios.

Tabla. 2. conversión a longitud de tubo equivalente para reposadera 352

Referencia	Equipos	Longitud en (m) D=4”
A ₁	Válvula de pie con canastilla	1x26 = 26
A ₁ -B	Tubo	1 = 1
B	Manómetro	1x2 = 2
A ₁ -B	Codo	1x2 = 2
C	Unión Universal	1x2 = 2
C-B	Tubo	0.5 = 0.5
D	Tapón de cebado	1x2 = 2
D-I	Tubo	102 = 102
E	Medidor de flujo	1x2 = 2
F	Válvula de retención	1x26 = 26
G	Válvula de alivio	1x26 = 26
H	Válvula de mariposa	1x2 = 2
B	Manómetro	1x2 = 2
D-I	Codos	3x2 = 6
D-I	Unión Universal	17x2 = 34
TOTAL		235.5m



El factor de caída de presión interceptado en la curva (**Fig. 22**), es el mismo para este calculo por lo que se utiliza mismo caudal y mismo diámetro de tubería. Que es: 3.9m. utilizando la fórmula para la caída de presión el resultado es el siguiente:

$$\text{Para } 101.6\text{mm } \Delta H = \frac{235.5 \cdot 3.9}{100} = 9.18\text{m} \approx 1 \text{ bar}$$

3.3.2.2. Cálculos de pérdida por fricción

► Perdida por fricción a la succión (ver Fórmula en **Fig. 23**.)

$$Pf_s = \frac{5 * 1 * 0.017 * 1\text{m} * (1.5 \text{ m/s})^2}{101.6\text{mm}} = 0.0018 \text{ bar} = h_{fs}$$

- $h_s < 0$ para elevación de succión (**ver fig. 6**.)
- $P = 0$ Para tanque abierto (**ver fig. 6**.)

► Perdida por fricción a la descarga

$$Pf_t = \frac{5 * 1 * 0.017 * 102\text{m} * (1.5 \text{ m/s})^2}{101.6\text{mm}} = 0.1920 \text{ bar}$$

3.3.2.3. Cabeza total de succión

- $h_{fs} = 0.0018 \text{ bar}$
- $h_s = 1\text{mca} = 0.1\text{bar}$
- $p_s = \text{vacío o presión en un tanque sobre el lado de succión}$ (**ver Fig. 6**.)
- $p_s = 0$ tanque abierto (**ver fig. 6**.)

$$H_s = h_s + h_{fs} + (\pm p_s)$$

$$H_s = 0.1\text{bar} - 0.0018 \text{ bar} + (0) = 0.09812 \text{ bar} < P_{atm}$$

3.3.2.4. Cabeza total de descarga

- $h_t = 15\text{mca} = 1.5\text{bar}$
- $h_{ft} = 0.1920 \text{ bar}$
- $p_t = \text{presión en un tanque sobre el lado de descarga}$
- $p_t = 0$ (**ver Fig. 6**.)

$$H_t = h_t + h_{ft} + P_t$$



$$H_t = 1.5\text{bar} + 0.1920\text{bar} + 0 = 1.6920\text{ bar} > P_{atm}$$

3.3.2.5. Cabeza total

- $H = H_t - (\pm H_s)$
- $H_s < P_{at}$ por tanto se suman (ver pagina 12 y **Fig. 12.**)
- $\Delta H = 1\text{ bar}$

$$H = 1.6920\text{bar} - (+0.09812\text{bar}) = 1.5938\text{bar} + \Delta H$$

$$H = 1.5938\text{bar} + 1\text{bar} = 2.5938 \approx 3\text{bar}$$

3.3.2.6. Cálculo del NPSHa

$$NPSHa = P_a \pm h_s - h_{fs} - P_{vp}$$

$$NPSHa = 10.13 - 1\text{mca} - 0.0188\text{mca} - 0.425\text{mca} \quad NPSHa = 8.68\text{ mca}$$

Este valor va ser igual que el de la reposadera 334, ya que en la succión están sometidos a los mismos datos de operación.

3.3.3. REPOSADERA NIVEL 362

En esta reposadera el sistema de bombeo mandara el fluido a la reposadera Nivel 390, lo cual ésta se encuentra en la parte exterior de la mina donde el agua queda almacenada.

El mismo caso de las 2 anteriores. Solo cambiará algunos valores que a continuación se detallan:

- Volumen de la reposadera $V = 62.8\text{m}^3$
- Longitud de tubería de descarga $L = 305\text{m}$
- Longitud de la tubería de succión. $L = 0.5\text{ m}$
- Altura de descarga $h_t = 31\text{m}$
- Altura de succión $h_s = 1\text{m}$
- Caudal $Q = 60\text{ m}^3/h$
- Diámetro $D = 101.6\text{mm}$
- Velocidad del fluido $V = 1.5\text{ m/s}$
- Numero de Reynolds $R_e = 152,400.00 > 4000$ por tanto el flujo es turbulento



3.3.3.1. Cálculo de caída de presión

Tabla. 3. conversión a longitud de tubo equivalente para reposadera 362

Referencia	Equipos	Longitud en (m) D=4”
A ₁	Válvula de pie con canastilla	1x26 = 26
A ₁ -B	Tubo	1 = 1
B	Manómetro	1x2 = 2
A ₁ -B	Codo	1x2 = 2
C	Unión Universal	1x2 = 2
C-B	Tubo	0.5 = 0.5
D	Tapón de cebado	1x2 = 2
D-I	Tubo	336 = 336
E	Medidor de flujo	1x2 = 2
F	Válvula de retención	1x26 = 26
G	Válvula de alivio	1x26 = 26
H	Válvula de mariposa	1x2 = 2
B	Manómetro	1x2 = 2
D-I	Codos	3x2 = 6
D-I	Unión Universal	56x2 = 112
TOTAL		547.5m



Mismo factor de caída de presión que los 2 sistemas anteriores. 3.9m. utilizando la formula se obtiene la siguiente caída de presión: **(ver Fig. 23.)**

$$\text{Para } 101.6\text{mm } \Delta H = \frac{547.5 \cdot 3.9}{100} = 21.35\text{m} \approx 3 \text{ bar}$$

3.3.3.2. Cálculos de pérdida por fricción

► Perdida por fricción a la succión **(ver Fig. 23.)**

$$f_D = 0.017$$

$$Pf_s = \frac{5 * 1 * 0.017 * 1\text{m} * (1.5 \text{ m/s})^2}{101.6\text{mm}} = 0.0018 \text{ bar} = h_{fs}$$

- $h_s < 0$ para elevación de succión **(ver fig. 6)**
- $P = 0$ Para tanque abierto **(ver fig. 6)**

► Perdida por fricción a la descarga

$$Pf_t = \frac{5 * 1 * 0.017 * 336\text{m} * (1.5 \text{ m/s})^2}{101.6\text{mm}} = 0.6324 \text{ bar}$$

3.3.3.3. Cabeza total de succión

- $h_{fs} = 0.0018 \text{ bar}$
- $h_s = 1\text{mca} = 0.1\text{bar}$
- $p_s = \text{vacío o presión en un tanque sobre el lado de succión (ver Fig. 6)}$
- $p_s = 0$ tanque abierto **(ver Fig. 6).**

$$H_s = h_s + h_{fs} + (\pm p_s)$$

$$H_s = 0.1\text{bar} - 0.0018 \text{ bar} + (0) = 0.09812 \text{ bar} < P_{atm}$$

3.3.3.4. Cabeza total de descarga

- $h_t = 31\text{mca} = 3.1\text{bar}$
- $h_{ft} = 0.6324 \text{ bar}$
- $p_t = \text{presión en un tanque sobre el lado de descarga}$
- $p_t = 0$ **(ver fig. 6)**



$$H_t = h_t + h_{ft} + P_t$$

$$H_t = 3.1bar + 0.6324bar + 0 = 3.73bar$$

3.3.3.5. Cabeza total

- $H = H_t - (\pm H_s)$
- $H_s < Pat$ por tanto se suman
- $\Delta H = 3 bar$

$$H = 3.73bar - (+0.09812bar) = 3.63bar + \Delta H$$

$$H = 3.63bar + 3bar = 6.63 \approx 7bar$$

3.3.3.6. Cálculo del NPSHa

$$NPSHa = P_a \pm h_s - h_{fs} - P_{vp}$$

Esta instalación tendrá un efecto negativo (**ver Fig.5.**) por tanto se resta.

$$NPSHa = 10.13 - 1mca - 0.0188mca - 0.425mca$$

$NPSHa = 8.68 mca$ este valor va ser igual al calculo de las reposaderas anteriores a como es el nivel 334 y nivel 352, ya que los valores y cálculos a la succión son los mismos.



3.3.4. Selección de bomba-Motor

Datos:

- ▶ Reposadera Nivel 334
 - Tipo de fluido: Agua sucia
 - Temperatura del fluido: 26°C
 - $Q = 60 \text{ m}^3/h$
 - Presión de descarga = 4bar
 - NPSHa = 8.68 mca
 - Viscosidad absoluta: 1Cp
 - Gravedad específica: 1
 - Diámetro de la tubería: 4”
- ▶ Reposadera Nivel 352
 - Tipo de fluido: Agua sucia
 - Temperatura del fluido: 26°C
 - $Q = 60 \text{ m}^3/h$
 - Presión de descarga = 3bar
 - NPSHa = 8.68 mca
 - Viscosidad absoluta: 1Cp
 - Gravedad específica: 1
 - Diámetro de la tubería: 4”
- ▶ Reposadera Nivel 362
 - Tipo de fluido: Agua sucia
 - Temperatura del fluido: 26°C
 - $Q = 60 \text{ m}^3/h$
 - Presión de descarga = 7bar
 - NPSHa = 8.68 mca
 - Viscosidad absoluta: 1Cp
 - Gravedad específica: 1



- Diámetro de la tubería: 4”
- Curva característica para la reposadera Nivel 334

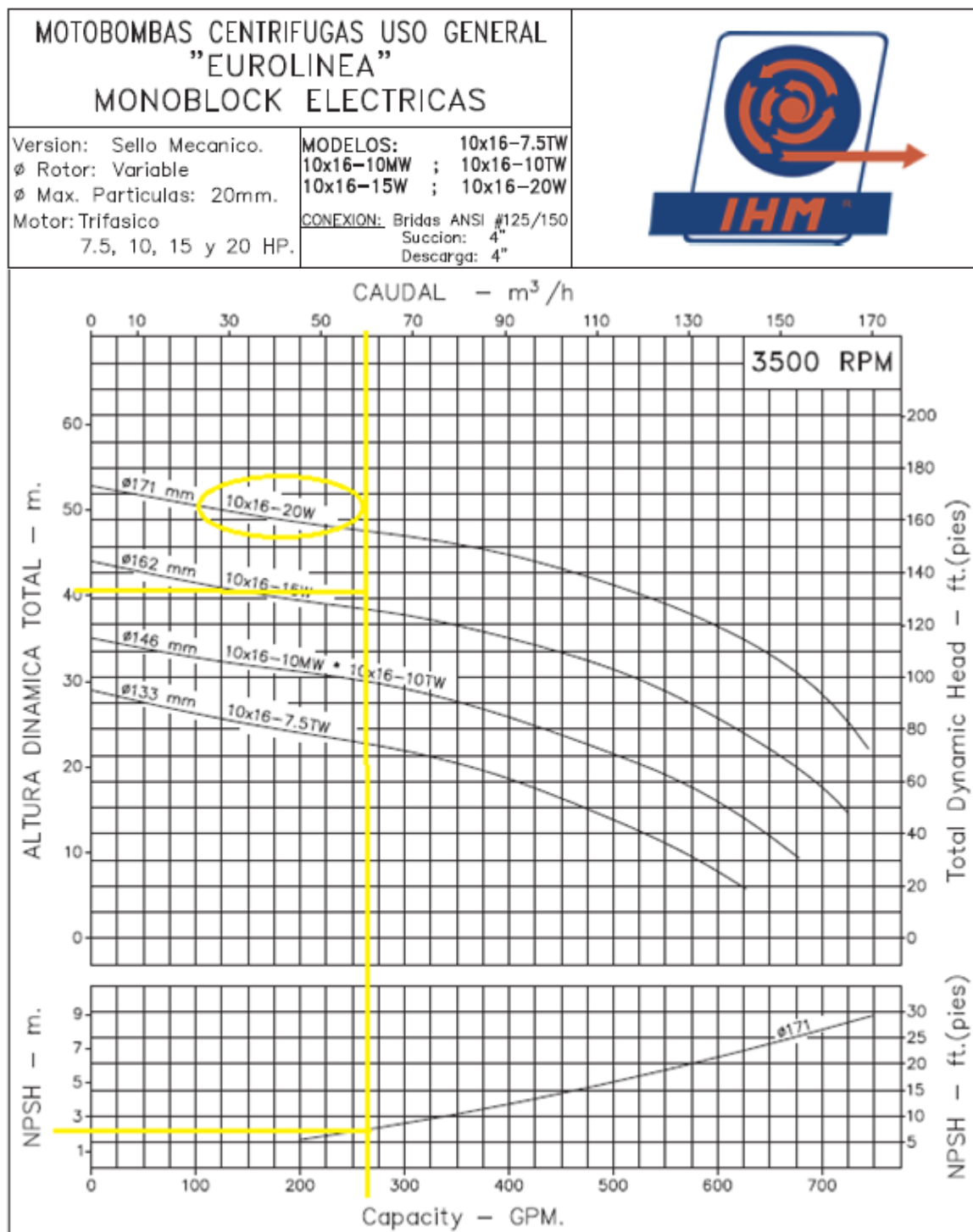


Fig. 25. curva característica para la bomba en la reposadera nivel 334



Interceptando la curva con los datos calculados.

Nos arroja lo siguiente:

- Modelo:10x16-20
- NPSHr: 2m < NPSHd por tanto no habrá cavitación
- Potencia del motor: 20HP


Datos técnicos del modelo **10X16-20TW**

Conexión succión	4" NPT
Conexión descarga	4" NPT
Altura (ADT) Max	51 m
Caudal Max	750 GPM
Caudal medio	600 GPM
Altura media	37 m
Motor	Trifásico
Potencia	20 HP
Voltaje	220/440 V
Velocidad	3500 RPM
Peso	172 Kg
Dimensiones	0.84/0.48/0.54 Mts

Tabla. 4. Datos técnicos de la bomba en reposadera Nivel 334



► Curva característica para la reposadera Nivel 352

MOTOBOMBAS CENTRIFUGAS USO GENERAL "EUROLINEA" MONOBLOCK ELECTRICAS		
Version: Sello Mecanico. Ø Rotor: Variable Ø Max. Partículas: 20mm. Motor: Trifasico 7.5, 10, 15 y 20 HP.	MODELOS: 10x16-7.5TW 10x16-10MW ; 10x16-10TW 10x16-15W ; 10x16-20W CONEXION: Bridas ANSI #125/150 Succión: 4" Descarga: 4"	

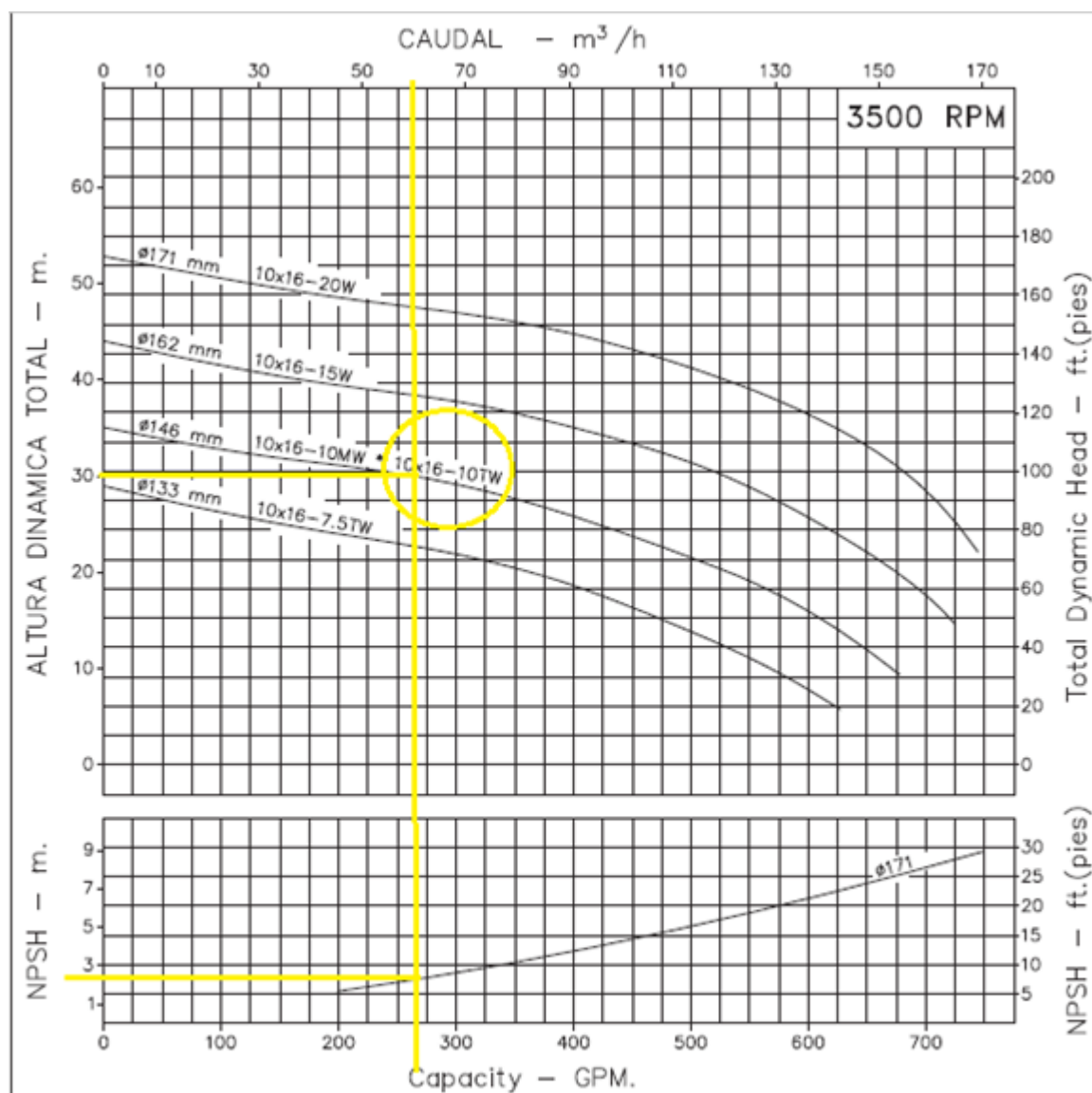


Fig. 26. Curva característica de la bomba para la reposadera nivel 352



Interceptando la curva con los datos calculados.

Nos arroja lo siguiente:

- Modelo:10x16-10TW
- NPSHr: 2m < NPSHd por tanto no habrá cavitación
- Potencia del motor: 10HP

Datos técnicos del modelo **10x16-10TW**

Conexión succión	4" NPT
Conexión descarga	4" NPT
Altura (ADT) Max	35 m
Caudal Max	650 GPM
Caudal medio	520 GPM
Altura media	20 m
Motor	Trifásico
Potencia	10 HP
Voltaje	220/440 V
Velocidad	3500 RPM
Peso	135 Kg
Dimensiones	0.74/0.46/0.43 Mts

Tabla. 5. Datos técnica de la bomba de la reposadera nivel 352



► Curva característica para la reposadera Nivel 362

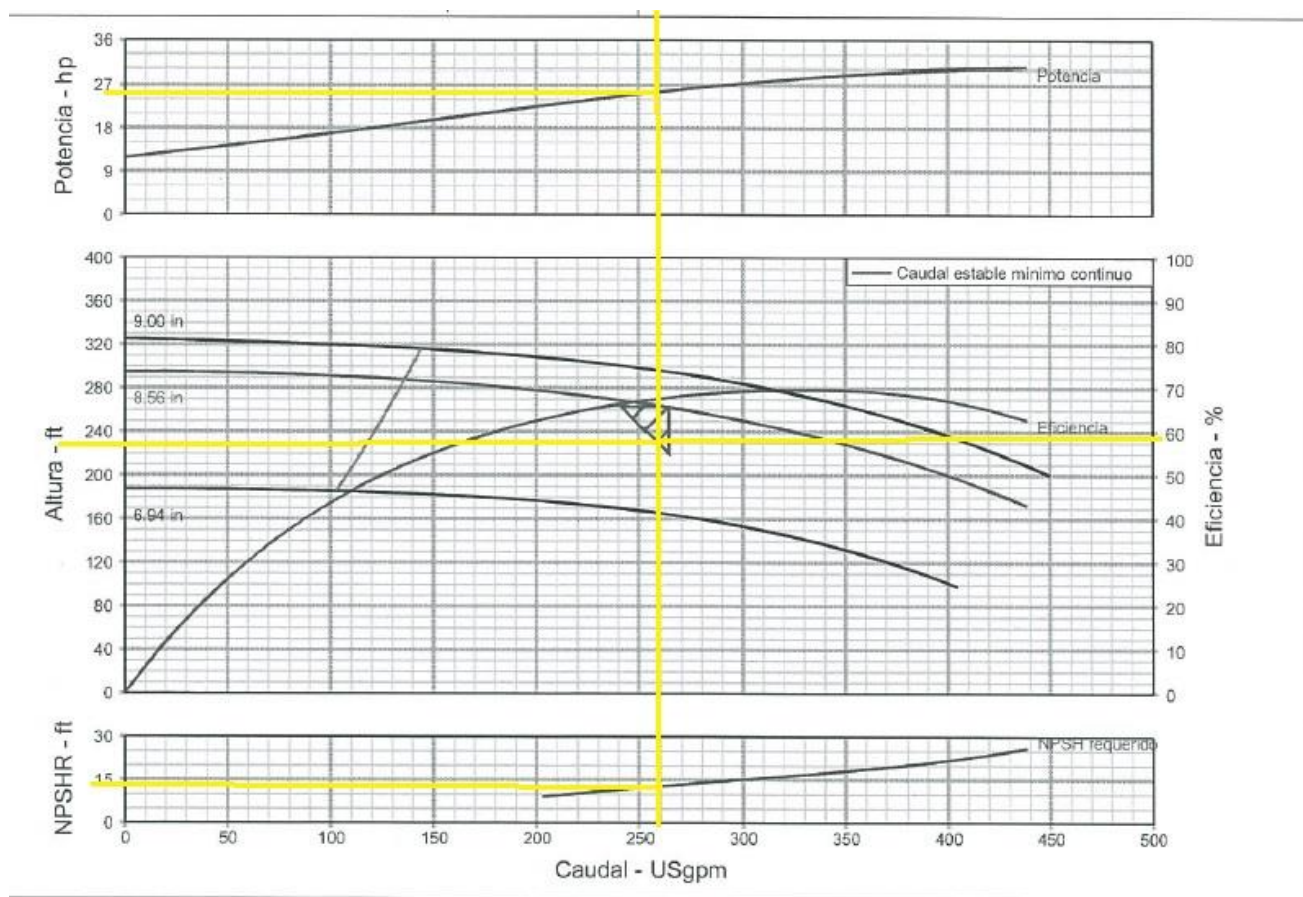


Fig. 27. Curva característica para la bomba en la reposadera nivel 362



“Sistema de mejoramiento de bombeo de agua residuales dentro de la mina soterrada
Emocon Group en la Libertad Chontales”

Hoja de datos características de la bomba			
Cliente	:	Cotización No.	:
Referencia cliente	:	Tamaño	: 2-1/2 x 3 x 9 L (B2-1/2ZPL)
Artículo número	: Default	Etapas	: 1
Servicio	:	Según el número de la curva	: 5040
Cantidad	: 1	Fecha de último salvado	: 14 May 2018 1:35 PM
Condiciones de operación		Líquido	
Caudal, nominal	: 264.0 USgpm	Tipo de líquido	: --Water
Presión / altura diferencial, rated (requerido)	: 263.0 ft	También conocido como	:
Presión / altura diferencial, rated (efectiva)	: 260.9 ft	Diámetro máximo de sólidos	: 0.00 in
Presión de succión, diseño/máx.	: 0.00 / 0.00 psi.g	Concentración de sólidos, en volumen	: 0.00 %
NPSH disponible, Diseño	: Amplio	Temperatura, máxima	: 68.00 F
Frecuencia	: 60 Hz	Densidad del líquido	: 1.000 / 1.000 Peso esp.
Rendimiento		Viscosidad, diseño	: 1.00 cP
Velocidad, valorada	: 3500 rpm	Presión de vapor, diseño	: 0.00 psi.a
Diámetro impulsor, nominal	: 8.56 in	Material	
Diámetro impulsor, máximo	: 9.00 in	Material seleccionado	: Not specified
Diámetro impulsor, mínimo	: 6.94 in	Datos presión	
Eficiencia	: 67.81 %	Presión máxima de trabajo	: 127.7 psi.g
NPSH requerido / margen requerido	: 13.02 / 0.00 ft	Máxima presión de operación permisible	: 250.0 psi.g
Ns (flujo rodete) / Nss (flujo rodete)	: 1,026 / 7,328 Unidades US	Límite de presión de succión	: N/D
Caudal estable continuo mínimo	: 135.7 USgpm	Presión de prueba hidrostática	: N/D
Altura, diámetro máximo, nominal	: 294.9 ft	Datos unidad motriz & Potencia (@Densidad máx.)	
Aumento de la altura de elevación con flujo de impulsión cerrado	: 12.42 %	Margen sobre el criterio de potencia	: Potencia nominal
Caudal, punto de mejor rendimiento	: 330.6 USgpm	Margen de prestación	: 0.00 %
Relación de caudal, nominal / PMR	: 79.85 %	Factor de servicio	: 1.00
Relación de diámetro (nominal / máximo)	: 95.14 %	Potencia, hidráulica	: 17.49 hp
Relación de altura (diám. nominal / diám. máximo)	: 88.90 %	Potencia, nominal	: 25.79 hp
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	: 1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00	Potencia, diámetro máximo, nominal	: 30.46 hp
Condición de selección	: Aceptable	Potencia mínima recomendada de motor	: 30.00 hp / 22.37 kW

Tabla. 6. Datos técnicos de la bomba para la reposadera nivel 362



3.4. Selección del control de nivel de líquido

Aquí se utilizará un transmisor de Nivel por cada reposadera que sea ideal para medir en líquidos como el agua.

El interruptor a seleccionar usa un barrido de señal de alta frecuencia que va desde el extremo del sensor hasta el depósito. Los medios actúan como condensadores virtuales que, junto con una bobina en la cabeza del sensor, forman un circuito que crea la señal de punto de conmutación.

Esto va ser con el propósito de que el transmisor de nivel mande apagar la bomba cuando llegue a su nivel más bajo según configuración a la que la bomba pueda operar sin que pueda succionar aire y economizar energía.

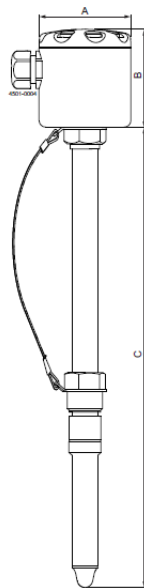


Fig. 28. Medidor de nivel de líquido



3.5. Mantenimiento del sistema de bombeo de agua

3.5.1. Planificación de mantenimiento preventivo según su frecuencia

Tabla. 7. Planificación de mantenimiento de Motor- bombas.

Equipo	Frecuencia	Trabajo a realizar
MOTOR	30 días	verificar elementos térmicos (estator, rotor)
	30 días	limpieza de arrancador
	30 días	limpieza de interruptor de seguridad
	15 días	verificar temperatura de cojinetes
	30 días	lubricar cojinetes
	360 días	cambio de baleros
	180 días	lavado interior y rebarnizado
BOMBA	15 días	Verificar temperatura de cojinetes
	15 días	Verificar si hay fuga por medio del sello mecánico
	30 días	Lubricación de cojinetes
	30 días	Revisar fugas en la tapa de la carcasa
	180 días	Revisar impulsor
	180 días	Revisar caja o cuerpo



3.6. Costos y presupuesto para la instalación del sistema de bombeo de agua.

Tabla. 8. Comparación de costos del sistema actual vs el propuesto

PROYECTO DE SISTEMA DE BOMBEO EN MINA LA LIBERTAD EMOCON GROUP					
COMPARACION DE COSTOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS					
SISTETMA INSTALADO ACTUALMENTE			SISTETMA PROPUESTO		
N° Nivel	TIPO DE BOMBA-MOTOR	COSTO	TIPO DE BOMBA-MOTOR	Cant	COSTOS TOTALES
334	Bomba sumergible de 27HP con arrancador	\$ 17,290.64	Bomba Centrífuga, 4bar, 60 m3/h, 20HP, NPSHr: 2m	1	\$ 2,221.00
352	Bomba sumergible de 15HP con arrancador	\$ 12,242.51	Bomba Centrífuga, 3bar, 60 m3/h, 10HP, NPSHr: 2.5m	1	\$ 2,786.00
362	Bomba sumergible de 50HP con arrancador	\$ 17,290.64	Bomba Centrifuga, 7bar, 60m3/h, 30HP, NPSHr: 4.2m	1	\$ 7,950.00
			TOTAL		\$ 12,957.00
			Tubos de hierro fundido de 4"	113	\$ 9,808.40
			Unión Universal de hierro dulce 4"	115	\$ 1,000.50
			Codo de 90° de hierro dulce 4"	15	\$ 617.00
			Anclajes o soporte para tubos	230	\$ 1,242.00
			TOTAL		\$ 12,267.52
			Medidor de flujo para agua residual para conexión en tubo de hierro dulce 4"	3	\$ 624.10
			Válvula de retención de hierro dulce 4"	3	\$ 724.00
			Válvula de alivio de hierro dulce 4"	3	\$ 4826.00
			Válvula de mariposa de hierro dulce 4"	3	\$ 1014.41
			Válvula de pie con canastilla de hierro 4"	3	\$ 990.00
			Manómetros 2"	6	\$ 330.00
			Flange adaptador 4" para válvulas	24	\$ 3311.00
			Medidor de nivel de líquido	3	\$ 15,00.00
			TOTAL		\$ 11819.51
			Sub total		\$ 46,823.79
Impuestos		\$ 7,023.57	Impuestos		\$ 5,616.66
Total		\$ 53,847.36	Total, inversión en equipos		\$ 43,061.07



3.6.1. Ahorro de energía, CO2 Y Retorno de inversión en comparación al sistema instalado vs el propuesto

Se procedió a realizar comparación de energía y CO2 para calcular el retorno de inversión, el costo de energía anual, la cantidad de CO2 quemada que se va a la atmosfera, esto durante un año. Este cálculo se hizo a través de una basa de dato crea por ALFA LAVAL (ver tabla 9, 10, 11). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Nota: el tipo de cambio de euro a dólar a la fecha es de 1.17

Tabla. 9.

Retorno de inversión reposadera nivel 334		
Modelos de las bombas	bombas centrifugas (propuesta)	bombas sumergibles (instaladas)
	10x16-20W	Matador H 27hP
Tamaño del Motor (KW)	15	22
Precio \$	€ 1,851.00	€ 14,409.00
costo de Energía por año (€/kwh)	€ 25,881.00	€ 37,877.00
Emisión de CO2 por año (kg)	74268	108691
total, de ahorro durante un año	costo de energía	CO2 (kg)
	€ 11,996.00	34,423
Meses de Retorno de inversión	1.85	

Tabla. 10.

Retorno de inversión reposadera nivel 352		
Modelos de las bombas	bombas centrifugas (propuesta)	bombas sumergibles (instaladas)
	10X16-10TW	Master H 15HP
Tamaño del Motor (KW)	7.5	12.8
Precio €	€ 2,322.00	€ 10,202.00
costo de Energía por año (€/kwh)	€ 13,227.00	€ 21,922.00
Emisión de CO2 por año (kg)	37955	62908
total, de ahorro durante un año	costo de energía	CO2 (kg)
	€ 8,695.00	24,953
Meses de Retorno de inversión	3.20	



Tabla. 11.

Retorno de inversión reposadera nivel 362		
Modelos de las bombas	bombas centrifugas (propuesta)	bombas sumergibles (instaladas)
	2-1/2x3x9 (B2-1/2 ZPL) 30HP	matador H 50HP
Tamaño del Motor (KW)	22	37
Precio \$	€ 6,625.00	€ 14,409.00
costo de Energía por año (€/kwh)	€ 12,775.00	€ 21,255.00
Emisión de CO2 por año (kg)	102192	170041
total, de ahorro durante un año	costo de energía	CO2 (kg)
	€ 8,480.00	67,849.00
Meses de Retorno de inversión	9.38	

3.6.2. Análisis de Resultado

El caudal calculado fue en base al aforo diario que se hizo para ver en cuanto tiempo se llenaba cada reposadera durante 3 meses, lo cual nos dió como resultado que se llenaba en 32 minutos. Haciendo el cálculo de $Q = \frac{v}{t}$ nos dio un caudal de 60 m³/h.

El diámetro de la tubería se calculó con la siguiente fórmula $D = \sqrt{\frac{4XQ}{VX\pi}}$. Teniendo como resultado a un diámetro interno de 4". Lo cual embace a este diámetro se procedió hacer los cálculos siguientes.

De esta manera se puede garantizar el buen funcionamiento del sistema y a su vez ser lo más eficiente posible, es decir, que el sistema pueda cumplir con las demandas de los de fluidos de las reposaderas para que no se rebalsen dentro de la mina soterrada y consumir la menor energía posible, el fluido tendrá una velocidad dentro de la tubería de 1.5 m/s la cual se encuentra dentro del rango establecido y no genera tantas pérdidas.

Los resultados del estudio que se realizaron son para conseguir el mejoramiento del sistema de bombeo de las tres reposaderas donde podemos comparar



eficiencia, capacidad, resistencia, NPSHd, NPSDr, potencia, rendimiento energético, accesorios e instrumentación, etc. versus el sistema actual.

Las tuberías y sus accesorios van ser seleccionadas de hierro comercial. El cual se pretende que ésta valla bien soportada, instaladas en la parte superficial, esto ayudará a que no colapse por sobre presión o por una mala operación.

Las bombas que se seleccionaron para el sistema fueron en base a las exigencias de la demanda de agua y la altura de la bomba. Para el sistema de la mina soterrada Emocon Group se seleccionaron las siguientes bombas centrífugas con impulsor semi abierto de los modelos: 10x16-20w, 10x16x10TW y 2-1/2x3x9 (B2-1/2 ZPL) , a un caudal de 60 m³/h, una presión de descarga de 3,4 y 7 bar, un NPSHr de: 2m, 2.5m y 4.2m, una potencia de:10, 20 y 30 hp.

Además, se seleccionó un control de flujo DH 10A AQUAPRO de boya para que apague y encienda la bomba según el nivel de agua del tanque de almacenamiento, estos son instrumento de medida directa, operan a presión atmosférica o cerrados, son los más simples y lo menos costosos.

Se creó un plan de mantenimiento preventivo indicando la frecuencia al cual se le hará el mantenimiento. Por medio de este mantenimiento aplicándolo en tiempo establecido se alargará la vida útil a los equipos y serán más eficiente a la hora que estén operando.

El costo total de inversión en equipos y accesorios para mejoramiento del sistema de bombeo en mina soterrada Emocon Group es de \$43,061.07, esto sin incluir mano de obra, ya que, a la hora de aprobación del presupuesto, mi persona se encargará de la instalación junto con el personal de mantenimiento. En comparación del sistema actual, este tiene un costo solo de las bombas de \$53,847.36. Lo cual tendría una inversión mayor al propuesto de \$10,786.29 aproximada mente.

El ahorro y el retorno de inversión del proyecto propuesto es la siguiente: en la reposadera nivel 334 la inversión retornará en 2 meses, ya que el costo ahorrado por mes es de \$1,200.00 y 34423kg de CO₂ de ahorro anual. **Ver tabla.9.**



En la reposadera nivel 352 retornará en 3.2 meses, el costo ahorrado por mes es de \$870.00, ahorrando 24953kg de CO₂ anual. **Ver tabla. 10.**

Para la reposadera nivel 362, la inversión será recuperada en 9.38 meses, siendo el costo ahorrado por mes de \$848 y el ahorro de CO₂ es de 67849 anual. **Ver tabla. 11.**

Con estos resultados tenemos un promedio de retorno de inversión en 5 meses y un ahorro mensual de \$972.6.



CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



4.1. Conclusiones

En la mina La Libertad, la empresa Emocon Group es una compañía sub contratada para realizar los trabajos de excavación de la parte interior, dentro de ella se almacena 3 reposaderas de agua residual, el cual desde la existencia de la mina este problema ha sido muy crítico, ya que se rebalsan cada 30 minutos y si no hay un sistema de bombeo, inundaría la mina. Actualmente cuentan con bombas sumergibles para poder sacar el agua hasta la superficie, pero no se ha hecho un estudio para la selección adecuada de estos equipos. Esto ha traído consecuencia, como equipos que no son adecuados para esta aplicación y por lo cual los costos energéticos y de fallas correctivas son bastante altos, también la mala manipulación, no hay un mantenimiento preventivo programado, no tienen medidores de nivel de líquido, las bombas no están bien soportadas, cavitan constantemente, no tienen válvulas, etc.

Para resolver este problema se ha determinado seleccionar 3 bombas de impulsor semiabierto, una para cada reposadera, haciendo los estudios y cálculos correspondiente:

1. Reposadera Nivel 334. (Bomba Centrífuga, 4bar, 60 m³/h, 20HP). Modelo: 10x16-20W
2. Reposadera Nivel 352. (Bomba Centrífuga, 3bar, 60 m³/h, 10HP). Modelo: 10X16-10TW
3. Reposadera Nivel 362. (Bomba Centrífuga, 7bar, 60 m³/h, 30HP). Modelo: 2-1/2x3x9 (B2-1/2 ZPL)

Se hizo la selección de sus accesorios (codos, uniones, soportes, etc), tubería, válvulas (Retención, de pie, seguridad y de obstrucción de flujo), instrumentación (medidor de flujo y manómetros).

Luego de la selección se procedió a cotizar, teniendo como resultado una inversión inicial de equipos y materiales de \$43,061.07. El ahorro con este sistema es de \$10,800.00 aproximadamente teniendo como referencia el costo de los equipos instalados. La inversión inicial será recuperada en promedio 5 meses.



Se seleccionó un sistema de control automático por cada bomba, para cuando el agua tenga un bajo nivel los equipos apaguen y enciendan automáticamente.

Para completar el estudio de este proyecto se procedió a realizar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos, así ayudará a evitar fallas correctivas durante la operación, ayudará al rendimiento, alargamiento de la vida útil y bajar costos, etc.



4.2. Recomendaciones

Como primera recomendación, seguir los pasos conforme a este informe para la ubicación exacta de cada una de las válvulas, instrumentación y bombas.

Segunda recomendación: Asegurarse de alinear y soportar bien la tubería para evitar vibraciones y no colapse.

Tercera recomendación: Seguir las recomendaciones del fabricante de los equipos para el buen uso de operación.

Cuarta Recomendamos la inversión inicial de este proyecto, ya que su recuperación será en 5 meses, teniendo un ahorro inicial de \$10,800.00. esto ayudará a tener mas presupuesto para el área de mantenimiento.

Quinta recomendación: El sistema automático tiene que ser incluido en este proyecto para evitar que las bombas trabajen en vacío, lo cual también ayudará al ahorro energético, a que el equipo no tenga una falla prematura.

Sexta recomendación: Aplicar adecuadamente el mantenimiento con forme a los intervalos de programación planteado en este informe y la ejecución con personal calificado.



CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA



5.1. Bibliografía

- Crane. (1990). *Flujo de Fluidos, en valvulas, accesorios y tuberia*. MEXICO.
HANDBOOK, ALFA LAVAL PUMP. (2006). *HANDBOOK*. LUND: SEGUNDA EDICION.
Karassik, I. J. (1986). *bombas centrifugas*. MEXICO: CECSA.
Mataix. (1975). *Turbomàquines Hidràulicas*. Madrid: ICAI.
Mc Naughton, K. J. (1990). *Bombas, seleccion, uso y mantenimiento*. MEXICO.
Mott, R. (2006). *Mecanica de fluidos*. MEXICO: Editorial Pearson.
RETscreen. (s.f.). *PLUS*. CANADA.
Zubicaray, M. (1981). *Bombas, teoria, diseño y aplicaciones* (2 ed.). MEXICO.

14. Technical Data

This section includes a summary of nomenclature and formulas used in this handbook. Various conversion tables and curves are also shown.

14.1 Nomenclature

Symbol	Description	Symbol	Description
A	Area	Q_L	Fluid losses through impeller casing clearances
D	Tube diameter	q	Pump displacement
F	Force	r	Radius
f_D	Darcy friction factor	Ra	Surface roughness
g	Gravity	Re	Reynolds number
H	Total head	SG	Specific gravity
H_s	Total suction head	T	Shaft torque
H_t	Total discharge head	V	Fluid velocity
h_{fs}	Pressure drop in suction line	γ (Greek letter 'gamma')	Specific weight
h_{ft}	Pressure drop in discharge line	Δ (Greek letter 'delta')	Total
h_s	Static suction head	ϵ (Greek letter 'epsilon')	Relative roughness
h_t	Static discharge head	η (Greek letter 'eta')	Total efficiency
L	Tube length	η_h	Hydraulic efficiency
n	Pump speed	η_m	Mechanical efficiency
Pa	Pressure absolute above fluid level	η_{oa}	Overall efficiency
P_f	Pressure loss due to friction	η_v	Volumetric efficiency
P_s	Vacuum or pressure in a tank on suction side	μ (Greek letter 'mu')	Absolute viscosity
P_t	Pressure in a tank on discharge side	ν (Greek letter 'nu')	Kinematic viscosity
Pv	Power/viscosity factor	ρ (Greek letter 'rho')	Fluid density
Pvp	Vapour pressure	ω (Greek letter 'omega')	Shaft angular velocity
Q	Capacity		

Table 14.1a

14.2 Formulas

Designation	Formula	Comments	Where to find
Product			
Viscosity	$\nu = \frac{\mu}{\rho}$	where: ν = Kinematic viscosity (mm ² /s) μ = Absolute viscosity (mPa.s) ρ = fluid density (kg/m ³)	2.1.2
	or		
	$\nu = \frac{\mu}{SG}$	where: ν = Kinematic viscosity (cSt) μ = Absolute viscosity (cP) SG = specific gravity	
	or		
	$\mu = \nu \times SG$	1 Poise = 100 cP 1 Stoke = 100 cSt	
Flow			
Velocity	$V = \frac{Q}{A}$	where: V = fluid velocity (m/s) Q = capacity (m ³ /s) A = tube area (m ²)	2.1.7
	or		
	$V = \frac{Q \times 353.6}{D^2}$	where: V = fluid velocity (m/s) Q = capacity (m ³ /h) D = tube diameter (mm)	
	or		
	$V = \frac{Q \times 0.409}{D^2}$	where: V = fluid velocity (ft/s) Q = capacity (US gall/min) D = tube diameter (in)	
	or		
	$V = \frac{Q \times 0.489}{D^2}$	where: V = fluid velocity (ft/s) Q = capacity (UK gall/min) D = tube diameter (in)	
Reynolds number (ratio of inertia forces to viscous forces)	$Re = \frac{D \times V \times \rho}{\mu}$	where: D = tube diameter (m) V = fluid velocity (m/s) ρ = density (kg/m ³) μ = absolute viscosity (Pa.s)	2.1.7
	or		
	$Re = \frac{D \times V \times \rho}{\mu}$	where: D = tube diameter (mm) V = fluid velocity (m/s) ρ = density (kg/m ³) μ = absolute viscosity (cP)	
	or		
	$Re = \frac{21230 \times Q}{D \times \mu}$	where: D = tube diameter (mm) Q = capacity (l/min) μ = absolute viscosity (cP)	

























Designation	Formula	Comments	Where to find
Reynolds number (ratio of inertia forces to viscous forces)	$Re = \frac{3162 \times Q}{D \times \nu}$ or $Re = \frac{3800 \times Q}{D \times \nu}$	where: <i>D</i> = tube diameter (in) <i>Q</i> = capacity (US gall/min) <i>ν</i> = kinematic viscosity (cSt) where: <i>D</i> = tube diameter (in) <i>Q</i> = capacity (UK gall/min) <i>ν</i> = kinematic viscosity (cSt)	
Pressure/Head			
Pressure (total force per unit area exerted by a fluid)	$P = \frac{F}{A}$	where: <i>F</i> = Force <i>A</i> = Area	2.2.2
Static Pressure/Head (relationship between pressure and elevation)	$P = \rho \times g \times h$ or $P = \frac{h \times SG}{10}$ or $P = \frac{h \times SG}{2.31}$	where: <i>P</i> = pressure/head (Pa) <i>ρ</i> = fluid density (kg/m ³) <i>g</i> = acceleration due to gravity (m/s ²) <i>h</i> = height of fluid (m) where: <i>P</i> = pressure/head (bar) <i>h</i> = height of fluid (m) where: <i>P</i> = pressure/head (psi) <i>h</i> = height of fluid (ft)	2.2.2
Total head	$H = H_t - (\pm H_s)$	where: <i>H_t</i> = total discharge head <i>H_s</i> = total suction head	2.2.2
Total discharge head	$H_t = h_t + h_{rt} + p_t$	where: <i>h_t</i> = static discharge head <i>h_{rt}</i> = pressure drop in discharge line <i>p_t</i> > 0 for pressure <i>p_t</i> < 0 for vacuum <i>p_t</i> = 0 for open tank	2.2.2
Total suction head	$H_s = h_s - h_{rs} + (\pm p_s)$	where: <i>h_s</i> = static suction head > 0 for flooded suction < 0 for suction lift <i>h_{rs}</i> = pressure drop in suction line <i>p_s</i> > 0 for pressure <i>p_s</i> < 0 for vacuum <i>p_s</i> = 0 for open tank	2.2.2
Friction loss (Miller equation)	$Pf = \frac{f_D \times L \times \rho \times V^2}{D \times 2}$	where: <i>Pf</i> = friction loss (Pa) <i>f_D</i> = friction factor (Darcy) <i>L</i> = tube length (m) <i>V</i> = fluid velocity (m/s) <i>ρ</i> = fluid density (kg/m ³) <i>D</i> = tube diameter (m)	2.2.2

Designation	Formula	Comments	Where to find
Friction loss (Miller equation)	$Pf = \frac{5 \times SG \times f_D \times L \times V^2}{D}$ <p>or</p> $Pf = \frac{0.0823 \times SG \times f_D \times L \times V^2}{D}$	<p>where:</p> <p>Pf = friction loss (bar) f_D = friction factor (Darcy) L = tube length (m) V = fluid velocity (m/s) SG = specific gravity D = tube diameter (mm)</p> <p>where:</p> <p>Pf = friction loss (psi) f_D = friction factor (Darcy) L = tube length (ft) V = fluid velocity (ft/s) SG = specific gravity D = tube diameter (in)</p>	
Darcy friction factor	$f_D = \frac{64}{Re}$	<p>where:</p> <p>f_D = friction factor Re = Reynolds number</p>	2.2.2
NPSHa (Net Positive Suction Head available)	$NPSHa = Pa \pm h_s - h_{fs} - Pvp$ <p>(+h_s for flooded suction) (– h_s for suction lift)</p>	<p>where:</p> <p>Pa = pressure absolute above fluid level (bar) h_s = static suction head (m) h_{fs} = pressure drop in suction line (m) Pvp = vapour pressure (bar a)</p> <p>or</p> <p>where:</p> <p>Pa = pressure absolute above fluid level (psi) h_s = static suction head (ft) h_{fs} = pressure drop in suction line (ft) Pvp = vapour pressure (psia)</p>	2.2.4
Power			
Hydraulic power (theoretical energy required)	$\text{Power (W)} = Q \times H \times \rho \times g$ <p>or</p> $\text{Power (kW)} = \frac{Q \times H}{k}$ <p>or</p> $\text{Power (hp)} = \frac{Q \times H}{k}$ <p>or</p> $\text{Power (hp)} = \frac{Q \times H}{k}$	<p>where:</p> <p>Q = capacity (m³/s) H = total head (m) ρ = fluid density (kg/m³) g = acceleration due to gravity (m/s²)</p> <p>where:</p> <p>Q = capacity (l/min) H = total head (bar) k = 600</p> <p>where:</p> <p>Q = capacity (US gall/min) H = total head (psi) k = 1715</p> <p>where:</p> <p>Q = capacity (UK gall/min) H = total head (psi) k = 1428</p>	7.2.1




























Designation	Formula	Comments	Where to find
Required power (power needed at the pump shaft)	$\frac{\text{Hydraulic power}}{\text{Efficiency (100\% = 1.0)}}$		7.2.2
Torque			
Torque	$\text{Torque (Nm)} = \frac{\text{Required power (kW)} \times 9550}{\text{Pump speed (rev/min)}}$ or $\text{Torque (Kgfm)} = \frac{\text{Required power (kW)} \times 974}{\text{Pump speed (rev/min)}}$ or $\text{Torque (ftlb)} = \frac{\text{Required power (hp)} \times 5250}{\text{Pump speed (rev/min)}}$		7.2.3
Efficiency			
Hydraulic efficiency (η_h)	$\frac{\text{Pump head loss (m)} \times 100\%}{\text{Total head (m)}}$		7.2.4
Mechanical efficiency (η_m)	$1 - \frac{\text{Pump mech. losses}}{\text{Required power}} \times 100\%$		7.2.4
Volumetric efficiency (Centrifugal and Liquid Ring pumps)	$\eta_v = \frac{Q}{Q + Q_L} \times 100\%$	where: η_v = volumetric efficiency Q = pump capacity Q_L = fluid losses due to leakage through the impeller casing clearances	7.2.4
Volumetric efficiency (Rotary Lobe pumps)	$\eta_v = \frac{Q}{q} \times 100\%$	where: η_v = volumetric efficiency Q = pump capacity q = pump displacement	7.2.4
Pump efficiency (η_p)	$\frac{\text{Water horse power} \times 100\%}{\text{Required power}}$ or $\eta_p = \frac{Q \times H \times \rho \times g}{\omega \times T}$	where: η_p = pump efficiency Q = capacity (m ³ /s) H = total head/pressure (m) ρ = fluid density (kg/m ³) g = acceleration due to gravity (m/s ²) ω = shaft angular velocity (rad/s) T = shaft torque (Nm)	7.2.4
Overall efficiency (η_{oa})	$\frac{\text{Water horse power} \times 100\%}{\text{Drive power}}$		7.2.4

14.7 Equivalent Tube Length Table

14.7.1 ISO Tube Metric

Equipment for ISO tube (for water at 2 m/s)		Equivalent tube length in metres per unit					
		25 mm	38 mm	51 mm	63.5 mm	76 mm	101.6 mm
Seat valves							
1. SRC, SMO			7	6	12	21	30
2.			5	4	6	14	19
3.			4	10	12	15	29
4.			3	4	7	12	26
5.			5	14	27	32	50
6.			5	10	21	22	39
1. SRC-LS				7	12	11	8
2.				3	8	7	6
3.				7	8	9	14
4.				5	4	6	11
5.				8	13	13	19
6.				7	10	11	17
Aseptic seat valves							
1. ARC, AMO			7	13	28	43	55
2.			5	9	21	27	36
3.			4	10	20	32	55
4.			4	8	15	29	39
5.			6	18	37	61	88
6.			5	15	28	50	75
1. ARC-SB			8	15	20		
2.			8	15	20		
3.			6	10	18		
4.			8	17	44		
Other valves							
Non-return valve LKC-2		7	10	12	21	20	26
Butterfly valve LKB		1	1	1	1	2	2
1. Koltek MH		1	2	3	5	6	7
2.		1	2	4	6	9	10

TD 237-109

Equipment for ISO tube (for water at 2 m/s)		Equivalent tube length in metres per unit					
		25 mm	38 mm	51 mm	63.5 mm	76 mm	101.6 mm
Mixproof valves							
1. <i>Unique</i> *			14	14	27	25	26
2.			14	14	27	25	26
3.			5	4	6	5	4
4.			6	5	7	7	5
1. SMP-SC				14	17	32	55
2.				14	16	25	41
3.				4	4	5	5
4.				4	5	5	14
1. SMP-SC, 3-body				8	14	27	45
2.				8	16	29	52
1. SMP-BC			3	3	4	3	6
2.			3	6	11	8	18
3.			3	5	7	7	11
4.			7	11	13	15	32
5.			6	10	13	14	31
6.			9	12	34	25	101
7.			6	12	34	23	101
1. SMP-BCA			2	3	4	3	6
2.			5	10	18	29	84
3.			3	9	16	29	81
4.			6	18	30	41	104
5.			5	12	20	27	75
6.			5	14	41	41	152
7.			6	14	34	38	146
1. SMP-TO					5		6
2.					8		23
3.					5		24
Tubes and fittings							
Bend 90 deg.		0.3	1	1	1	1	2
Bend 45 deg.		0.2	0.4	1	1	1	1
Tee (out through side port)		1	2	3	4	5	7
Tee (in through side port)		1	2	2	3	4	5

* Pressure drop/equivalent tube length is for unbalanced upper plug and balanced lower plug.
For other combinations use the CAS *Unique* configuration tool.

Table 14.7.1a

14.8 Moody Diagram

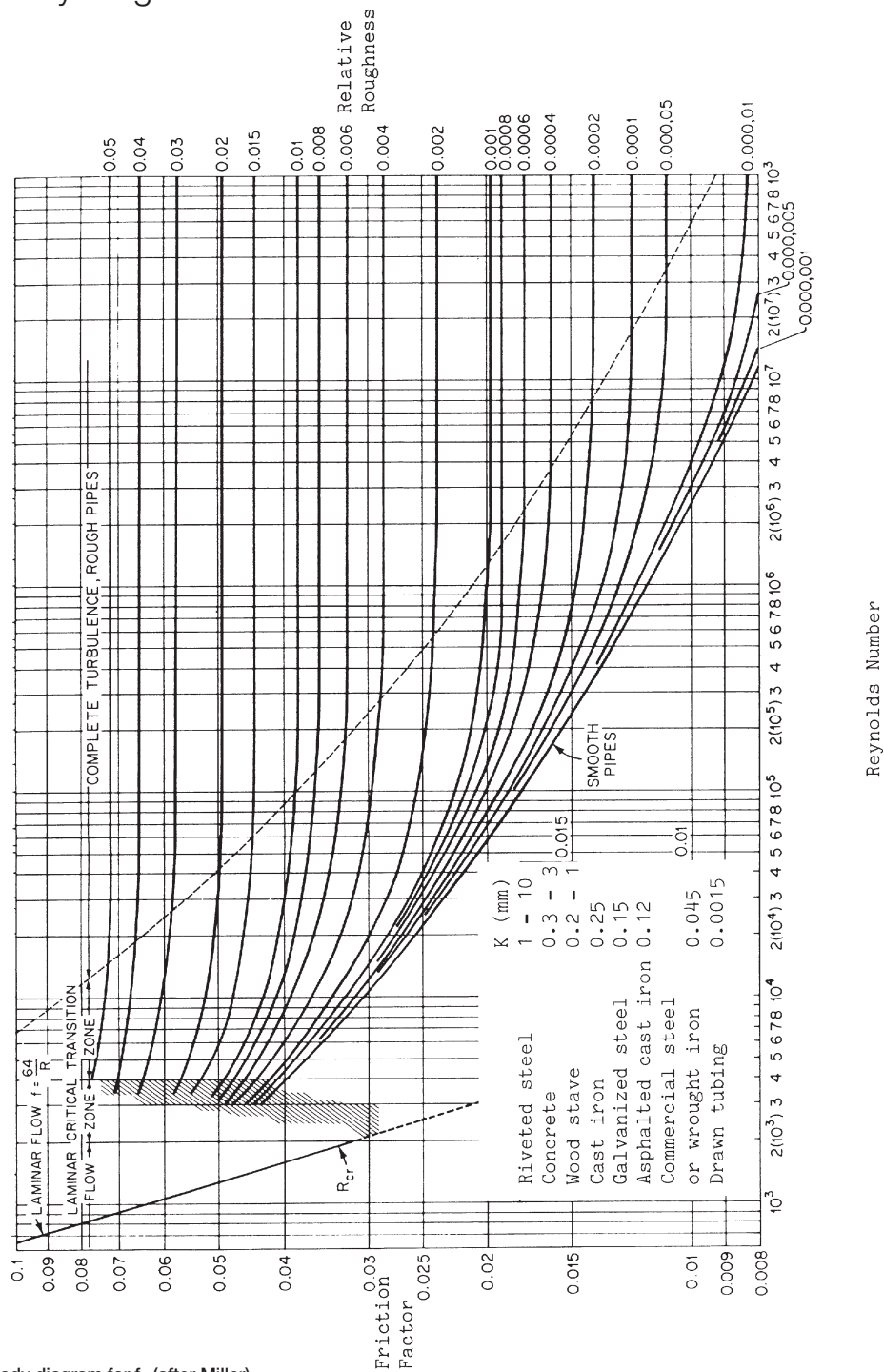


Fig. 14.8a Moody diagram for f_0 (after Miller)

14.4 Water Vapour Pressure Table

Table 14.4a

Temp. (°C)	Density (ρ) (kg/m ³)	Vapour pressure (Pvp) (kPa)
0	999.8	0.61
5	1000.0	0.87
10	999.7	1.23
15	999.1	1.71
20	998.2	2.33
25	997.1	3.40
30	995.7	4.25
35	994.1	5.62
40	992.2	7.38
45	990.2	9.60
50	988.0	12.3
55	985.7	15.7
60	983.2	19.9
65	980.6	25.1
70	977.8	31.2
75	974.9	38.6
80	971.8	47.5
85	968.6	57.9
90	965.3	70.1
95	961.9	84.7
100	958.4	101.3
Vapour pressure: 1 bar = 100 kPa = 10 ⁵ N/m ²		

14.5 Pressure Drop Curve for 100 m ISO/DIN Tube

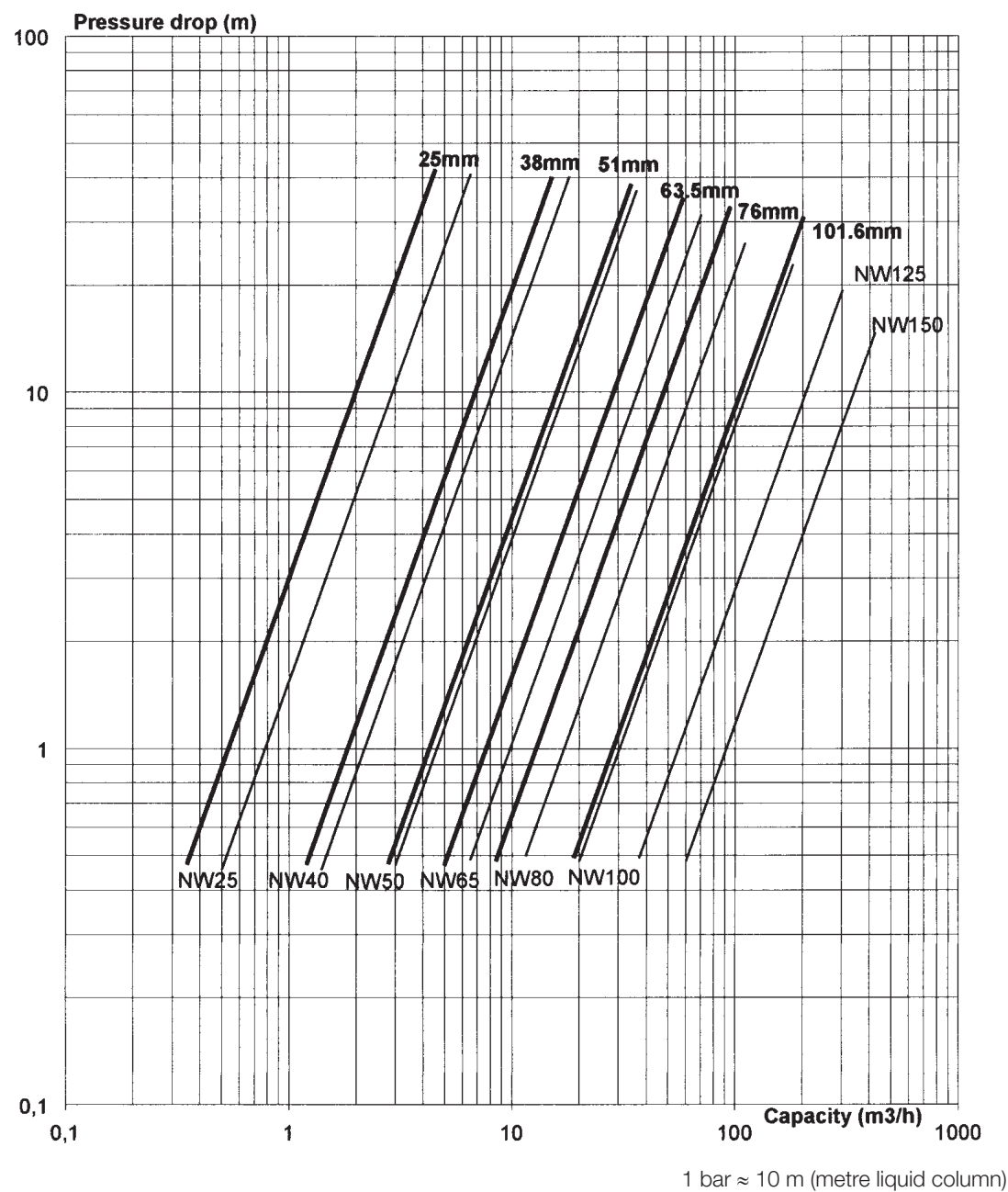


Fig. 14.5a Pressure Drop Curve

15.2.d Comparacion de Energia y CO2 en bombas Centrifugas



Proyecto EMOCON GROUOP REPOSADERA 334

Parametros de servicio

Flujo [m³/hr]	60
Presion [m]	40

Select language: Spanish

Parametros de operacion

Operacion [hrs/día]	8
Operacion [día/año]	360
Expectativa de funcionamiento [año]	8
Coste de la Energia [€/kWh]	0.1869
CO2 por kWh [kg/kWh]	0.5452

Own input

Typical industry input

Modelo de la bomba	Bomba 1 Alfa Laval	Bomba 2 Alfa Laval	Competencia 1	Competencia 2
Tamaño del motor [kW]	2 poles, 50 Hz, 15kW	2 poles, 50 Hz, 22kW		
Potencia absorbida por la bomba [kW]	15.0	22.0		
RCPL [€]	1851	14409		
Descuento				
Precio Neto [€]	1851	14409		
Coste de la Energia por año [€/kWh]	8729	12775		
Coste de la energia durante vida util [€]	69830	102196		
Emision de CO2 por año [kg]	25463	37266		
Emision de CO2 durante vida util [kg]	203706	298124		
Total de ahorro durante vida util	Coste de la Energia [€] 32366	CO2 [kg] 94418		

15.3.d Comparacion de Energia y CO2 en bombas Centrifugas



Proyecto Proyecto EMOCON GROUP REPOSADERA 352

Parametros de servicio

Flujo [m³/hr]	60
Presion [m]	40

Select language: Spanish

Parametros de operacion

Operacion [hrs/día]	24
Operacion [día/año]	350
Expectativa de funcionamiento [año]	10
Coste de la Energia [€/kWh]	0.1900
CO2 por kWh [kg/kWh]	0.5452

Own input

Typical industry input

Modelo de la bomba	Bomba 1 Alfa Laval lkh	Bomba 2 Alfa Laval soi	Competencia 1	Competencia 2
Tamaño del motor [kW]	2 poles, 50 Hz, 15kW	2 poles, 50 Hz, 22kW		
Potencia absorbida por la bomba [kW]	15.0	22.0	0.0	0.0
RCPL [€]	1851	14409		
Descuento	0.0%	0.0%		
Precio Neto [€]	1851	14409		
Coste de la Energia por año [€/kWh]	25881	37877		
Coste de la energia durante vida util [€]	258811	378770		
Emision de CO2 por año [kg]	74268	108691		
Emision de CO2 durante vida util [kg]	742678	1086911		
Total de ahorro durante vida util	Coste de la Energia [€] 119959	CO2 [kg] 344233		

Comparacion de Energia y CO2 en bombas Centrifugas



Proyecto EMOCON GROUOP REPOSADERA 362

Parametros de servicio	
Flujo [m³/hr]	60
Presion [m]	70

Select language: Spanish

Parametros de operacion		
Operacion [hrs/día]	8	
Operacion [día/año]	360	
Expectativa de funcionamiento [año]	8	
Coste de la Energia [€/kWh]	0.1869	Own input
CO2 por kWh [kg/kWh]	0.5452	Typical industry input

Modelo de la bomba	Bomba 1 Alfa Laval	Bomba 2 Alfa Laval	Competencia 1	Competencia 2
Tamaño del motor [kW]	2 poles, 50 Hz, 22kW	2 poles, 50 Hz, 37kW		
Potencia absorbida por la bomba [kW]	22.0	37.0		
RCPL [€]	6625	14409		
Descuento				
Precio Neto [€]	6625	14409		
Coste de la Energia por año [€/kWh]	12775	21255		
Coste de la energia durante vida util [€]	102196	170041		
Emision de CO2 por año [kg]	37266	62005		
Emision de CO2 durante vida util [kg]	298124	496040		

Total de ahorro durante vida util	Coste de la Energia [€] 67845	CO2 [kg] 197915
-----------------------------------	----------------------------------	--------------------

Comparacion de la recuperacion de la inversion	Año de retorno de inversion -0.92
--	--------------------------------------

CAPITULO VI

ANEXOS

ANEXO A. Vista preliminar de las Reposaderas





ANEXO B. COTIZACIONES



SILVA INTERNACIONAL S.A

Cotizacion

22556969 - Email: carretera.masaya@sinsa.com.ni - Fax: 22556969
Direccion :MANAGUA - CARRETERA A MASAYA
DGI:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J0310000001812

Documento : 727918 Tienda: 24.SINSA CARRETERA MASAYA Fecha : 2018-05-05
Vendedor : 888 Nombre : EDWIN RAMIREZ CARCAHE
Cliente : EMOCON GROUP Telefono : 00 O/C :
Direccion:
Moneda : C\$ Cotizacion De: CONTADO Carnet : Dias de Validez : 18

LIN	CODIGO	No.PARTE	COD.SAC	ARTICULO	U/M	CANT.	PRC.UNIT	TOTAL
001	5291004500	4 X 6 MTS	7306309000	TUBO GALVANIZADO C/ROSCA 4"	UNIDAD	113.00	2,734.20	308,964.60
002	5620031400	00	730792000000	UNION GALVANIZADA 4" SENCILLA (CAMISA) CED 20	UNIDAD	115.00	274.05	31,515.75
003	5620011000	333-1109	730792000000	CODO GALVANIZADO 4"X90° CED 20	UNIDAD	15.00	454.91	6,823.65
004	5666015800	3022-12	848180900000	VALVULA D/BOLA 1/4 VUELTA 4" NPT GENEBRE 3022-	UNIDAD	3.00	3,694.64	11,083.92

Sub-Total C\$: 358,387.92
Impuesto C\$: 53,758.19
Total C\$: 412,146.11
Equiv. en US\$: 13,084.00
Factor de Cambio : 31.50

Usuario : edramirez 2018-05-05 09:45:39

Firma del Vendedor: _____

Page 1/1

Nota : No se aceptan cambios una vez aprobada la oferta, que fue hecha con base a datos suministrados. Los precios estan sujetos a cambio sin previo aviso.
SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES,ESTAMOS EXENTOS DE 1% DGI Y 1% ALMA.

SERVICIOS **SINSA**

SERVICIOS DE
INSTALACIÓN

RENTA DE
EQUIPOS

TALLER DE
SERVICIOS

centro_servicios@sinsa.com.ni • renta.equipos@sinsa.com.ni



AQUATEC
Una compañía de Aqua Corp

tecnologia

No: 266=FEP-170

Ref : Oferta Por SUMINISTRO

Date: 07 de Mayo del 2018

Name : Ing. Felix Estrada Pastran

: EMOCON GROUP.

Donald Perez

Tel.8611170

Item No.	Description	Quantity	Unit	Unit Price (\$)	Total \$
1	Tubos de hierro de 6 mts x 4" hf	113	und	\$ 280.00	\$ 31,640.00
2	Union Universal de de 4" Hf	115	und	\$ 80.00	\$ 9,200.00
3	Codo de de 4" x 90 de hf	15		\$ 135.00	\$ 2,025.00
4	Anclajes o soporte para tubos	230		\$ 5.40	\$ 1,242.00
5	Medidor de flujo para agua residuales , para su conexión de 4"	3		\$ 380.00	\$ 1,140.00
6	Valvula de retencion de hf de 4"	3		\$ 420.00	\$ 1,260.00
7	Valvula de alivio de hf de 4"	3		\$ 2,018.00	\$ 6,054.00
8	Valvula mariposa de 4"	3		\$ 380.00	\$ 1,140.00
9	Valvula de pie con su canasta de 4"	3		\$ 330.00	\$ 990.00
10	Manometro de 0 a 150 psi con su glicerina	6		\$ 55.00	\$ 330.00
LOS TIEMPO DE ENTREGA DE 2 DIAS					\$ 55,021.00
	Forma de pago: 70% autorizar y 30% al entrega del equipo			IVA	\$ 8,253.15
	Garantia: por un Año por desperfecto de fabrica			TOTAL	\$ 63,274.15

Una compañía de

Aqua Corp
El Poder del Agua

Ing. Felix Estrada Pastran

Tel:88609696



AQUATEC
Una compañía de Aqua Corp

tecnologia

No: 307=FEP-18

Ref : Oferta Por SUMINISTRO

Date: 14 de Mayo del 2018

Name : Ing. Felix Estrada Pastran

: EMOCON GROUP.

Donald Perez

Tel.8611170

Suministro de SUMINISTRO DE 3 BOMBA MARCA BERKELY

Item No.	Description	Quantity	Unit	Unit Price (\$)	Total \$
1	Bomba tipo horizontal marca BERKELY Para Q: 264 gpm/CTD: 130 PIES . Modelo. 2-1/2x3x6(B2-1/1 TPM) Para 15 hp/3/60/3450 rpm, Acoplado a su motor electrico horizontal	1	und	\$ 4,880.00	\$ 4,880.00
2	Bomba tipo horizontal marca BERKELY Para Q: 264 gpm/CTD: 162.7 PIES . Modelo. 2-1/2x3x6(B2-1/2 JRM) Para 20 hp/3/60/3450 rpm. Acoplado a su motor electrico horizontal	1	und	\$ 6,200.00	\$ 6,200.00
3	Bomba tipo horizontal marca BERKELY Para Q: 264 gpm/CTD: 263 PIES . Modelo. 2-1/2x3x9(B2-1/2 ZPL) Para 30 hp/3/60/3450 rpm. Acoplado a su motor electrico tipo horizontal.	1		\$ 7,950.00	\$ 7,950.00
LOS TIEMPO DE ENTREGA DE 4 a 6 SEMANAS					\$ 19,030.00
	Forma de pago: 70% autorizar y 30% al entrega del equipo			IVA	\$ 2,854.50
	Garantia: por un Año por desperfecto de fabrica			TOTAL	\$ 21,884.50

Una compañía de

Aqua Corp
El Poder del Agua

Ing. Felix Estrada Pastran

Tel:88609696



TUBAL S.A.
TUBERIAS Y VALVULAS

PROFORMA N° CP - 000179

Pali Israel Lewites 1C abajo, 1C al lago, Managua, Nicaragua PBX: 2279-1040 Fax: 2269-3043 Cel: 8882-6001 RUC: J0310000000751 Correo: ventas@tubalsa.com.ni

Señor(es) : EMOCOM GROUP

Fecha: 12/05/2018

Dirección : ND

Ref : ND

Atención : DONALD PEREZ LEIVA

Vendedor: BRAVO

ITEM	CANT.	U.M.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT. UNIT	SUB TOTAL	TOTALES C\$
1	113	UND	TUBO A/CARBON A53 C 40(102) - 4" X 6 MTS RANURADO	5,093.64	575,581.32	575,581.32
2	145	UND	ACOPLE RIGIDO(107102) - 4" ESTILO 107H QUICK VIC® VICTAULIC® UL/FM	1,016.00	147,320.00	147,320.00
3	15	UND	CODO RANURADO 90°(010102) - 4" NO. 10 IPS VICTAULIC® UL/FM	1,284.92	19,273.80	19,273.80
4	3	UND	MEDIDOR CAUDAL P/AGUA 200 PSI(102) - 4" FLANGE C/RECUBRIMIENTO EPOXICO	6,490.74	19,472.22	19,472.22
5	3	UND	VALV CHECK UNIV RANUR H/D(716102) - 4" SERIE 716 VIC-CHECK® VICTAULIC®	7,529.98	22,589.94	22,589.94
6	3	UND	VALV CONTROL REG PRESION HDUCTIL 250 PSI - 4" FLANGE MOD F115 WATTS	50,190.55	150,571.65	150,571.65
7	3	UND	VALV MARIPOSA RANUR H/D(761102) 300 PSI - 4" SERIE 761 VIC-300 MASTERSEAL VICTAULIC®	10,549.87	31,649.61	31,649.61
8	24	UND	FLANGE ADAPTADOR CLASE 150(741102) - 4" ESTILO 741 VICTAULIC® FM	4,305.26	103,326.24	103,326.24
ELABORADO: CHRISTIAN PONCE VARGAS				SUMAS :	1,069,784.78	1,069,784.78

IMPORTANTE: EXISTENCIAS SUJETAS A MOVIMIENTO DE INVENTARIO, PLAZOS VALIDOS POR LAS PROXIMAS 72 HORAS

PRECIOS, DESCUENTOS Y PLAZOS CALCULADOS CON BASE EN LAS CANTIDADES AQUI DESCRITAS, CUALQUIER CAMBIO EN LAS CANTIDADES ORDENADAS, PUEDE PROVOCAR CAMBIOS EN LOS PRECIOS Y EN LOS PLAZOS.

LA FIRMA Y SELLO DE ESTE DOCUMENTO, POR PARTE DEL CLIENTE, CONSTITUYE UNA ACEPTACION EXPLICITA Y, COMO TAL, REPRESENTA UNA ORDEN DE COMPRA.

FAVOR ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE TUBAL, S.A.

NOTA:

Somos Grandes Contribuyentes, estamos exentos del 2% de retención en la fuente

FIRMA Y SELLO DEL CLIENTE

MEDIANTE LA FIRMA DE ESTE DOCUMENTO, EL CLIENTE DA POR ACEPTADOS TODOS LOS TERMINOS DE ESTA COTIZACION: CANTIDADES, UNIDADES DE MEDIDA, DESCRIPCIONES, PRECIOS Y PLAZOS DE ENTREGA. AUTORIZANDO A TUBAL, S.A. AL DESPACHO DE LA MERCADERIA AQUI DESCRITA

1,069,784.78

160,467.72

1,230,252.50